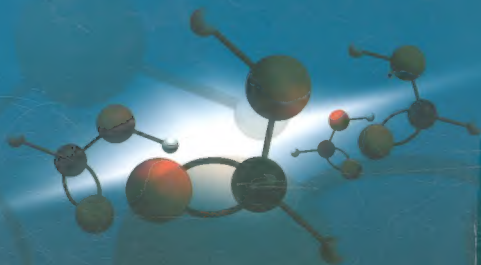


البصريات الفيزيائية

أ. سامر إبراهيم حسين اسماعيل



www.darsafa.net



﴿ وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾

صدق الله العظيم

البصريات الفيزيائية

البصريات الفيزيائية

١. سامر إبراهيم حسين اسماعيل

الطبعة الأولى
2009م - 1430هـ



دار صفاء للنشر والتوزيع - عمان

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2008 / 7 / 2248)

535

اسماعيل، سامر
البصريات الفيزيائية/ سامر إبراهيم اسماعيل.
- عمان: دار صفاء، 2008.
() ص
ر 1 (2008 / 7 / 2248)
الواصفات : / العلوم الطبيعية / / البصريات /

* تم إعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

حقوق الطبع محفوظة للناشر

Copyright ©
All rights reserved

الطبعة الأولى

2009 م - 1430 هـ



دار صفاء للنشر والتوزيع

عمان - شارع الملك حسين - مجمع التجهيز التجاري - تلفاكس +962 6 4612190
ص.ب 922762 عمان - 11192 الاردن

DAR SAFA Publishing - Distributing

Telefax: +962 6 4612190 P.O.Box: 922762 Amman 11192- Jordan

<http://www.darsafa.net>

E-mail: safa@darsafa.net

ردمك ISBN 978-9957-24-410-1

المقدمة

إن الضوء مهم جدا في حياتنا فمن خلاله نرى الأشياء من حولنا ، ولذلك حاول العلماء منذ القدم معرفة ماهية الضوء وكيف نرى الأشياء ونشأ بعد ذلك العلم الذي يهتم بالضوء المرئي وطبيعته وظواهره المختلفة والذي سمي بعلم البصريات (Optics) والذي يدرس أيضا الإشعاع وتفاعله مع المادة، ثم مع تطور العلم وتقدم الزمن تطور هذا العلم وتفرع فهناك من يكتب في البصريات الهندسية، وهناك من يكتب في البصريات الموجية أو بشمولية أكثر البصريات الفيزيائية، كذلك إختص دارسون في مجال البصريات التطبيقية وأصبحت هناك كليات وأقسام للبصريات التطبيقية تدرس هذا العلم .

وكذلك فإن علم البصريات أصبح بتطبيقاته العلمية والعملية لطلبة العلوم أو الفيزياء أو الأطباء أو فاحصي البصر أو المهندسين.

وهذا الكتاب يختص بمجزء من علم البصريات وهو البصريات الفيزيائية. المطروح بشكل منسق وواضح وبمسط يناسب المختص وغير المختص ويناسب كافة المستويات العلمية .

وبالإضافة للأساس النظري يلاحظ في هذا الكتاب أنه يحتوي على جانب عملي يهم بشكل خاص من يختصون بهندسة الإضاءة والديكور من خلال مواضيع الإضاءة الخارجية والداخلية وحساباتها.

كما أن هذا الكتاب يأتي ضمن سلسلة من الكتب الأخرى المختصة بالبصريات وتطبيقاتها إن شاء الله.

نسأل الله العلي القدير أن نكون ممن قال فيهم رسوله ((إن الله يحب إذا
عمل أحدكم عملاً أن يتقنه))

المؤلف

الإهداء

إلى كل طالب علم وطالبة علم

مع تمنياتي لكم بالنجاح والتوفيق

سامر

الفهرس

5 المقدمة
---	---------------

الوحدة الأولى

طبيعة الضوء

13	..... طبيعة الضوء
16	..... مصطلحات
18	..... سرعة الضوء
22	..... معامل الانكسار
30	..... الطاقة الإشعاعية والطيف الكهرومغناطيسي

الوحدة الثانية

الإضاءة وقياس الضوء

45	..... قياس الضوء المرئي
50	..... أمثلة على قياس الضوء المرئي
58	..... مقاييس الإضاءة (الفوتوميترات)
66	..... مصادر الضوء
66	..... المصابيح الكهربائية
76	..... الإضاءة الداخلية وحماياتها

الوحدة الثالثة

الطيف الضوئي والألوان

85 الطيف الضوئي
----	--------------------

91	..... إشعاع الجسم الأسود
101	..... الامتصاص والنفذية
105	..... الألوان

الوحدة الرابعة

الظواهر الضوئية

121	..... الظاهرة الكهروضوئية
136	..... مبدأ جمع الأمواج
162	..... حيود الضوء
172	..... الاستقطاب

الوحدة الخامسة

الليزر

189	..... مصطلحات خاصة بالليزر
192	..... إنتاج الليزر
194	..... شروط الليزر وأنواعه
201	..... خصائص الليزر
203	..... تطبيقات الليزر
205	..... المراجع

الوحدة الأولى

طبيعة الضوء

الوحدة الأولى : طبيعة الضوء

أولاً : طبيعة الضوء

أكدت التجارب بأن المادة المشعة تفقد طاقة في الوقت نفسه الذي تمتص فيه مادة أخرى هذه الطاقة ويحدث تغير في هذه المادة ... وغالباً ما يكون هذا التغير على شكل ارتفاع في درجات الحرارة ومن هنا أصبح العلماء يبحثون عن ماهية الضوء وطبيعته .

* المراحل الرئيسية في التعرف على طبيعة و ماهية الضوء.

1) اعتقاد ((نيوتن)) الذي يقول بأن الضوء عبارة عن سيل من الدقائق المادية الصادرة عن مصدر ضوئي وتسير مبتعدة عن المصدر الضوئي في خطوط مستقيمة استطاع نيوتن تفسير قوانين الانكسار والانعكاس من خلال هذا الاعتقاد.

2) اعتقاد ((هايجنز)) الذي افترض بأن الضوء عبارة عن موجات تنتشر خلال وسط سمي بالأثر كما تفعل أمواج الصوت.

لم يستطيع هايجنز تفسير ماهية الأثر لذلك لم يلاق اعتقاده الموافقة من العلماء ولكن مبدأه كان ناجحاً في تفسير بعض الظواهر مثل الحيود والتداخل والتي لم تستطع النظرية الجسمية تفسيرهما .

3) جاء ماكسويل بعد ذلك بالنظرية الكهرومغناطيسية ووضع معادلات

رياضية ومن خلال نظريته فسر الظواهر الموجية للضوء (الحيود، التداخل، الاستقطاب) وكذلك قال بأن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تسير في الفراغ بسرعة $3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

4) بنى بلانك اعتقاد مهم ... في بداية القرن العشرين حيث ظهرت ظواهر لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية والنظرية الموجية للضوء من تفسيرها مثل إشعاع الجسم الأسود... وكان لا بد من وجود تصور جديد للضوء وهذا ما افترضه بلانك من أن التفاعل ما بين الضوء والمادة يتم على شكل دفعات أو نبضات أو كمّات وسميت فيما بعد بالفوتونات حيث أن كل فوتون يحمل كم معين من الطاقة معتمدا على التردد وهذه العلاقة ما بين الطاقة والتردد هي

$$E = hf$$

E = طاقة الفوتون

h = ثابت بلانك

f = التردد

5) وعندما فشلت النظرية الموجية والفيزياء الكلاسيكية في تفسير الظاهرة الكهروضوئية أيضاً فسرها أينشتاين عن طريق الطبيعة الجسمية والاستفادة من نظرية بلانك حيث بنى فكرة أن الفوتونات أثناء انتشارها يمكن أن تتفاعل مع جسيمات أخرى مثل الإلكترونات وتمنحها طاقتها.

6) وتقدمت نظرية ((الكم)) حيث جاء (بور) وفسر كيف تشع وتمتص ذرة الهيدروجين الإشعاع وكذلك فسّر العالم كومبتون كيف يتفاعل فوتون أشعة سينية مع الكترون عن طريق التصادم .

(7) وبما أنه تم تعريف الضوء على أنه فوتونات أوله طبيعة جسمية لذلك يجب أن يعمل كنوع خاص من المواد حيث يجب أن نفرض بأنه له طاقة وكمية متحرك . عندها جاء العالم دي برولي الذي افترض بأن الجسيمات التي لها كمية تحرك ترافقها أمواج والعلاقة بين طول الموجة (λ) وكمية التحرك (p) هي .

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

وقد جاءت التجارب مصدقة لذلك حيث وجد دافيون أن الالكترتون يحدث له حيود .
(8) الطبيعة المزدوجة (الجسمية - الموجية) هي دائرة كاملة حيث أن الضوء يتصرف كأمواف في انتشاره من خلال ظواهر الحيود والتداخل، كذلك فإنه سوف يتصرف كجسيمات عندما يتفاعل مع المادة .
كذلك فإن الالكترونات تتصرف كجسيمات وتتصرف كأمواف لأنها تري ظاهرة الحيود .
ومن المعادلات للفوتونات

$$p = \frac{E}{c}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{hc}{pc} = \frac{hc}{E}$$

(9) ثم جاء (نيلز بور) مرة أخرى وقال بأن الفوتونات والالكترونات ليست أمواج ولا أجسام وإنما هي شيء أكثر تعقيدا .

(10) ميكانيكا الكم ، أو ميكانيكا الأمواج تتعامل مع كل الأجسام المحسوسة وغير المحسوسة وتصف الضوء والمادة وهي المعتمدة لذلك .

ثانيا : مصطلحات وتعريفات

* طبيعة الضوء :-

← الطبيعة الجسمية :-

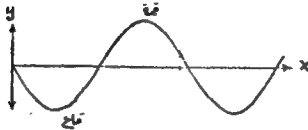
يفرض هذا النموذج أن الضوء سيل من الدقائق المادية الصغيرة جدا، وتنطلق من مصدر الضوء في جميع الاتجاهات بسرعة كبيرة جدا، وبخطوط مستقيمة ويسمى اتجاه كل خط منها بالشعاع الضوئي.

ومن أنصار هذا النموذج (نيوتن)

← الطبيعة الموجية :-

يفرض هذا النموذج بأن الضوء ينتشر من المصدر على شكل أمواج كروية، وقد ارتبط هذا النموذج بالعالم هايجنز.

* الأمواج العارقية :-



* الاتساع $\text{amplitude} = A \equiv$ وهو أكبر قيمة تصل لها الموجة في y-axis .

* طول الموجة $\lambda \equiv \text{wave length}$ وهي المسافة ما بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليتين.

* الزمن الدوري $T \equiv \text{period}$ وهو الزمن الذي تقطعه الموجة في طول موجي واحد.

* $\vec{K} \equiv \text{التجاه انتشار الموجة} = \text{Propagation Vector}$

* $K \equiv \text{ثابت الموجة} = \text{wave number}$

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ وهو}$$

* $f \equiv \text{التردد} = \text{frequency}$

وهو مقلوب الزمن الدوري .

$$f = \frac{1}{T}$$

* $w \equiv \text{التردد الزاوي} = \text{angular frequency}$

$$w = 2\pi f$$

شكل الموجة هو عبارة عن اقتران جيبي يعبر عنهما بالاقتران التالي: -

$$y = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \right] \dots\dots\dots(1)$$

$$y = A \sin \left\{ \frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi vt}{\lambda} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ولكن

$$\lambda = vT \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$$

فتصبح (2)

$$y = A \sin \left[\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi v}{\lambda} t \right] \dots\dots\dots(3)$$

$$T = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{v}{\lambda} \text{ ولكن}$$

$$y = A \sin \left[\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{T} \right] \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{ولكن } K = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ و } K = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ فتصبح (4)}$$

$$y = A \sin [k x - \omega t]$$

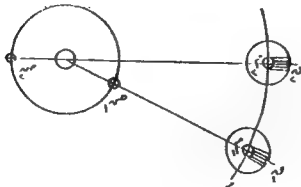
* سرعة الموجة $\equiv v$

$$v = \frac{\omega}{k} \text{ or } v = \lambda f$$

ثالثاً: سرعة الضوء

كان يعتقد بأن الضوء لا يحتاج لزمن لقطع المسافات ولكن العالم رومر أول من أثبت أن الضوء له سرعة معينة كبيرة جداً ولكنها ليست لا نهائية .

(1) طريقة رومر لإيجاد سرعة الضوء



لاحظ العالم رومر بأن أحد أقمار المشتري يدور حول المشتري محددا خسوفا كلما قام بدورة. ودخل في ظل المشتري والزمن بين خسوفين متتاليين هو 42,5 ساعة ولكنه لاحظ أن زمن الخسوف متغير إذ أنه يتأخر عن اللحظة المقدرة له عندما تبعد الأرض عن المشتري ويتقدم زمن الخسوف عندما تكون الأرض مقربة نحو المشتري .

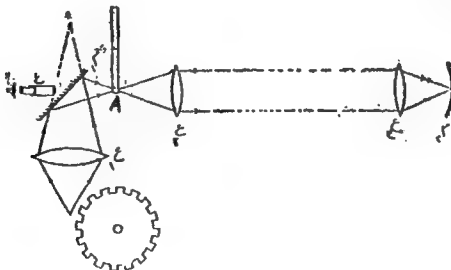
وقد وجد أن لحظة الخسوف المتوقعة تتأخر بمقدار 990 ثانية عن اللحظة المقدرة عندما تنقل الأرض من الوضع ص1 إلى ص2 كما في الشكل . وهما الوضعان اللذان تكون فيهما المسافة بين الأرض والمشتري اصغر ما يمكن وأكبر ما يمكن. والفرق بين الوضعين هو خط مدار الأرض الذي يساوي 106×186 ميل لذلك

$$C = \frac{198 \times 10^6 \text{ mile}}{990 \text{ s}}$$

$$C = 190\,000 \text{ mile /s}$$

$$C = 300\,000 \text{ m/s}$$

(2) طريقة فيزو



وهي تجربة ارضية ، انظر الشكل، استخدم فيزو مصدر ضوئي تسقط من الأشعة على عدسة مجمعة وقبل تجمع الأشعة تعكس من مرآة مائلة تعكس جزءا من الضوء إلى النقطة A والتي هي عبارة عن بؤرة لعدسة مجمعة موجودة أمامها. ويتجه الضوء بشكل متواز نحو عدسة أخرى على بعد كيلومترات وتتجه الأشعة نحو مرآة مقعرة موجودة في مركز العدسة المجمعة ولذلك تترد الأشعة بنفس المسار.

يوجد عند النقطة A عجلة مسننة وتوضع العجلة بحيث يمكن للضوء عند A أن يمر خلال المسافات بين أسنان العجلة .

فمثلا لو ذهب الضوء من أحد الفرج بين سنين من أسنان العجلة فإنه سوف ينتجه إلى العدسة الثانية ثم الثالثة ويعود ليمر منها الضوء. ويمكن ملاحظة ذلك من خلال تلسكوب.

وبعدها ينعكس الضوء ليعود وتكون عندها حلت سن مكان سن وعندها تختفي الصورة . ولذلك يرى المشاهد باستمرار عملية اختفاء الصورة (وذلك عندما تكون سرعة دوران العجلة بحيث تحل السن مكان الفرجة في الفورة الزمنية التي يستغرقها الضوء في قطع مساره ذهابا وإيابا) أما نتائج فيزو : -

عدد أسنان العجلة 720 سن وكانت تدور 12.6 دورة/ ثانية عندما اختفت الصورة تماما، المسافة ما بين العجلة والمرآة المقعرة تساوي 8633 م.

فيكون الزمن الذي استغرقه الضوء ليقطع المسافة ما بين العجلة والمرآة المقعرة ذهابا وإيابا

$$t = \frac{\text{مسافة السن الواحد}}{\text{سرعة العجلة}}$$

$$t = \frac{1/720}{1206}$$

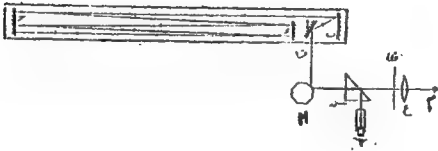
المسافة التي قطعها الضوء ذهاباً وإياباً

$$C = \frac{r}{t}$$

$$C = \frac{2 \times 8633}{1.1 \times 10^{-4} \text{ s}}$$

(3) طريقة ميكلسون: -

وهي طريقة يقاس فيها سرعة الضوء في الفراغ حيث تستخدم انبوبة طولها ميل وقطرها 3 أقدام ويفرغ منها الضغط ل $\frac{1}{2}$ ملم زئبق.



الجهاز كما في الشكل حيث هناك مصدر للضوء أمام عدسة مجمعة يمر من فتحة ف ويسقط على أحد أوجه المرآة المنشورية M تتكون من 32 وجه تنعكس لتمر خلال فتحة صغيرة داخل الأنبوب لتسقط على مرآة مائلة تعكسها إلى المرآة

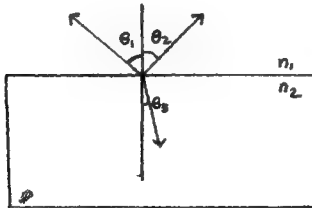
المقبرة (ب) التي يؤرتها عند (أ) تنعكس الضوء بشكل متوازي إلى المرأة جـ وتنعكس عدة مرات بين (جـ و د) ولو أرحنا المرأة قليلاً ليمسقط عليها الشعاع بشكل عمودي وبالتالي ينعكس كما هو ويعبر نفس الكرة ويخرج من الفتحة ف وتسقط على المرأة المشورية ومنها إلى التلسكوب.

ولو افترضنا أن سرعة المرأة المشورية الدوارة ن دورة في الثانية فإن الزمن الذي يأخذه الضوء ليقطع المسار $= \frac{1}{32}$ أو مضاعفات هذا المقدار وبقسمة طول المسار على هذا الزمن نحصل على سرعة الضوء ، وقد وجد من خلال التجارب أن سرعة الضوء في الفراغ تساوي 2999774 km/s .

رابعاً : - معامل الإنكسار - المفهوم الحديث المنطوق

* إنكسار الضوء

عندما يسير شعاع ضوئي خلال وسط شفاف (كالهواء) ويصل إلى حد فاصل يقود إلى وسط شفاف آخر (كالزجاج)، إنظر الشكل (1) . فإن جزء من الشعاع ينعكس، وجزء ينقل للوسط الثاني.



والجزء النافذ للوسط الثاني ينحني عند الحاجز ويسمى شعاع منكسر .

← الشعاع الساقط والمنعكس والمنكسر تقع في مستوى واحد مع العمود المقام .

← $\theta_1 \equiv$ زاوية السقوط \equiv وهي الزاوية ما بين الشعاع الساقط والعمود المقام على السطح الفاصل.

← $\theta_2 \equiv$ زاوية الانعكاس \equiv وهي الزاوية ما بين الشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح الفاصل .

$$\theta_1 = \theta_2 \leftarrow$$

← $\theta_3 \equiv$ زاوية الانكسار \equiv وهي الزاوية ما بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل.

← زاوية الانكسار (θ_2) ، في الشكل (1) يعتمد على خواص الوسطين وعلى زاوية السقوط (θ_1) من خلال العلاقة : -

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \text{constant} \dots\dots\dots(1)$$

حيث : - $v_1 \equiv$ سرعة الضوء في الوسط الأول .

$v_2 \equiv$ سرعة الضوء في الوسط الثاني .

وقد أوجدت هذه العلاقة من خلال العالم سنل ولذلك سميت بقانون سنل.

• قانون الانكسار .

عندما يمر الضوء من وسط لآخر فإنه ينكسر بسبب اختلاف سرعة الضوء بين الوسطين.

وسرعة الضوء في أي مادة أقل من سرعته في الفراغ . وتبلغ أقصى سرعة له في الفراغ .

ويمكن الآن أن نعرف (معامل الإنكسار) على أنه

$$n = \frac{c}{v} \dots\dots\dots(2)$$

حيث : - $C \equiv$ سرعة الضوء في الفراغ

$v \equiv$ سرعة الضوء في الوسط

ونلاحظ من التعريف ما يلي:-

- 1- معامل الإنكسار لا توجد له وحدة .
 - 2- معامل الإنكسار دائما أكبر من (1) أو يساوي (1) لأن ($v \leq c$) دائما .
 - 3- يسمى معامل الإنكسار (n) في هذه الحالة بمعامل الإنكسار المطلق لمادة . لأنها قيست بالنسبة للفراغ .
- ← ملاحظة : - كلما سار الضوء من وسط لوسط آخر، فإن تردد الضوء لن يتغير ولذلك فالعلاقة ($v = f\lambda$) يجب أن تكون صحيحة لجميع الأوساط.

في الشكل (2) فإن

$$f_1 = f_2 = f$$

وبتطبيق العلاقة $v = f\lambda$ على الوسطين

$$\text{الوسط الأول } v_1 = f\lambda_1 \dots\dots\dots (*)$$

$$\text{الوسط الثاني } v_2 = f\lambda_2 \dots\dots\dots (4)$$

ويمكن اشتقاق العلاقة ما بين الأطوال الموجية ومعاملات الانكسار، ولذلك بقسمة (3) على (4)

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\therefore \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots(5)$$

حيث

$$n_{12} = \frac{n_1}{n_2} \text{ معامل الانكسار النسبي}$$

من خلال العلاقة (5) :-

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

إذا كان الوسط الأول فراغ (أو هواء) فإن ($n_1 = 1$) لذلك من خلال العلاقة (5) فإن معامل الانكسار المطلق لأي وسط يمكن التعبير عنه بالنسبة

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda_n}$$

n = معامل الانكسار المطلق للوسط .

λ_0 = طول موجة الضوء في الفراغ .

λ_n = طول موجة الضوء في الوسط الذي معامل انكساره (n) .

* نحن الآن في وضع يسمى لنا بالتعبير عن قانون سنل الانكسار في وضع أكثر شيوعاً فمن (1)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \dots\dots\dots(8)$$

وهذه هي الصيغة الواسعة لقانون سنل للإنكسار .

* ومن الأمثلة على معاملات الإنكسار بالنسبة للفراغ وعند $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$

الماس	=	2.419	الفراغ	=	1.000
الزجاج التاجي	=	1.52	الهواء	=	1.000293
الزجاج الصواني	=	1.66	البنزين	=	1.501
الثلج	=	1.0309	الفلورايت	=	1.434

أسئلة

1) شعاع ضوئي طول موجته (550nm) يسير في الهواء، ويسقط على شريحة من مادة متفلة . الشعاع الساقط يصنع زاوية مقدارها (40°) مع العمود المقام والشعاع المنكسر يعمل زاوية مقدارها (26°) مع العمود المقام، أوجد معامل إنكسار المادة. وما هو طول موجة الضوء في الهواء.

الحل :

$$\theta_1 = 40^\circ , \theta_2 = 26^\circ$$

$$n_1 = 1 , \lambda_0 = 550 \text{ nm}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \times \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$n_2 = 1.047$$

ولإيجاد طول موجة الضوء في المادة نطبق العلاقة

$$n = \frac{\lambda_o}{\lambda_n}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_o}{n}$$

$$\lambda = \frac{550 \text{ nm}}{1.47}$$

$$\lambda = 374 \text{ nm} .$$

(2) شعاع ضوئي طول موجته (589 nm) يسير خلال الهواء وسقط على شريحة زجاج تاجي بزاوية 30° مع العمود المقام (انظر الشكل 3)، أوجد زاوية الانكسار.

الحل:

$$n_1 = 1 \quad n_2 = 1.52 \quad (\text{للزجاج التاجي})$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{1}{1.52} \right) \sin 30^\circ$$

$$\sin \theta_2 = 0.329$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} (0.329)$$

$$\theta_2 = 19.2^\circ$$

3) إذا تحرك الشعاع الضوئي من داخل الزجاج ب

إتجاه الحد الفاصل بين الزجاج والهواء وسقط على هذا الفاصل بزاوية مقدارها 30° ، فما هي زاوية الإنكسار .

الحل : -

$$n_1 = 1.52$$

$$\theta_1 = 30^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{1.52}{1} \right) \sin 30^\circ$$

$$\sin \theta_2 = 0.76$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} (0.76) = 49.46$$

4) ماذا تستنتج من السؤالين (2) و (3)

الحل : -

إذا سقط الشعاع الضوئي من وسط له n أقل (أخف) إلى وسط له n أكبر (أكثف) فإنه ينكسر مقرباً من العمود المقام، وإذا سقط الشعاع الضوئي من وسط له n أكبر (أكثر كثافة) إلى وسط له n أقل (وسط أقل كثافة) فإنه ينكسر مبتعداً عن العمود المقام.

5) ضوء طول موجته في الفراغ 589nm يسير خلال قطعة كوارتز ($n = 1.458$)
أحسب

أ) سرعة الضوء في الكوارتز.

ب) طول موجة الضوء في الكوارتز.

(ج) تردد الضوء المرّ خلال الكوارتز .

الحل : -

$$\lambda_o = 589 \text{ nm}$$

$$n = 1.458$$

(أ)

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.458}$$

$$v = 2.058 \times 10^8 \text{ m/s}$$

(ب)

$$\lambda_n = \frac{\lambda_o}{n}$$

$$\lambda_n = \frac{589 \text{ nm}}{1.458} = 404 \text{ nm}$$

(ج)

$$\lambda f = c$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{589 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 5.09 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = 5.09 \times 10^{14} \text{ HZ}$$

عرفنا سابقا أن الردد لا يتغير خلال انتقاله في الأوساط لذلك بتطبيق القانون على

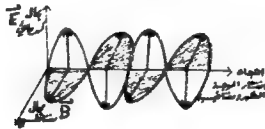
وسط الكوارتز

$$\lambda_n f = v$$

$$f = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{2.058 \times 10^8 \text{ m/s}}{404 \times 10^{-9} \text{ m}} = 5.09 \times 10^{14} \text{ HZ}$$

خامسا : - الطاقة الكهرومغناطيسية

إن الأمواج الكهرومغناطيسية تتألف بشكل عام من مجال كهربائي متذبذب ومجال مغناطيسي متذبذب يكون عموديا على المجال الكهربائي والمجالين متعامدين على اتجاه انتشار الموجة. (انظر الشكل)



حيث E هي المجال الكهربائي

B هي المجال المغناطيسي

* خصائص الأمواج الكهرومغناطيسية

1- هي موجات مستعرضة لأن اتجاه انتشارها عمودي على اتجاه تذبذب المجالين الكهربائي والمغناطيسي .

2- تنتشر بسرعة الضوء في الفراغ وعندما تنتقل إلى وسط مادي تتغير السرعة .

3- لها القدرة على حمل طاقة ونقلها من مكان لآخر.

- 4- تخضع لعدد من الظواهر مثل التداخل والحيود والامتصاص.
- 5- طاقة الأمواج الكهرومغناطيسية موزعة بالتساوي بين المجال الكهربائي والمغناطيسي .
- 6- تختلف الأمواج الكهرومغناطيسية فيما بينها في أطوالها الموجية وتردداتها ويحكم العلاقة ما بين أطوالها الموجية وتردداتها ($\lambda f = c$)
- 7- تشع أو تمتص أو تنفذ من قبل المواد.
- 8- تخضع لقوانين الانعكاس والانكسار.
- 9- لا تحمل شحنة كهربائية .
- 10- لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية .

* الموجات الكهرومغناطيسية المستوية Plane Electromagnetic Waves

يقال عن الموجة الكهرومغناطيسية بأنها موجة مستوية، بمعنى أن المجال الكهربائي يكون في اتجاه، والمجال المغناطيسي في اتجاه معامد عليه، والمجالين متعامدين على اتجاه انتشار الموجة . انظر الشكل (1)

\vec{E} باتجاه y

\vec{B} باتجاه z

يتغير \vec{E} و \vec{B} مع المسافة x والزمن t وذلك من خلال العلاقات .

$$\vec{E} = E_0 \sin (Kx - \omega t)$$

$$\vec{B} = B_0 \sin (Kx - \omega t)$$

حيث E_0 سعة الموجة الكهربائية و B_0 سعة الموجة المغناطيسية

وحسب ما شرح سابقاً فإن : -

$$K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\omega = 2\pi f$$

ومنه

$$\frac{\omega}{k} = \frac{2\pi f}{2\pi/\lambda} = \lambda f = c$$

وأيضاً

$$\frac{E}{B} = \frac{E_0}{B_0} = c$$

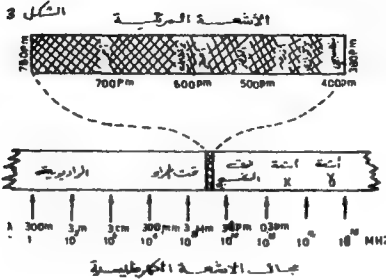
* الطيف الكهرومغناطيسي The Electromagnetic Spectrum

إن الأمواج الكهرومغناطيسية تسير في الفراغ بسرعة الضوء (c)، وتحمل معها طاقة وكمية تحرك من المصدر للمستقبل.

كما في القديم تعرف فقط الأشعة المرئية وأمواج الراديو، لكن اكتشف فيما بعد عدة أشكال من الأمواج الكهرومغناطيسية. ويمكن تمييزها عن بعضها بواسطة الردد وطول الموجة حيث : -

$$c = \lambda f$$

إنظر الشكل (3)



كل أشكال الطيف الكهرومغناطيسي تنتج من تسريع الشحنات وهذه الأشكال هي :-

1 - أمواج الراديو Radio waves

* انتاجها : - تنتج عن الشحنات المتسارعة خلال أسلاك التوصيل، وينتج عن أجهزة الكهرونية .

* الترددات : - انظر الشكل (3) ، والتردد النموذجي لأمواج الراديو هو 5MHZ فيكون الطول الموجي

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{5 \times 10^6 \text{ 1/s}} = 60 \text{ m}$$

* استخداماتها: تستخدم في أنظمة الاتصالات للتلقيز والراديو.

(2) أمواج الميكرويف: - Microwaves

* وهي عبارة عن أمواج راديو ذات طول موجي قصير .

* إنتاجها: - بواسطة أجهزة الكروية .

* أطوالها الموجية: - تراوح ما بين (1mm - 30 cm)

* الترددات: - تراوح ما بين (3×10^{11} HZ - 10^9 HZ)

* استخداماتها: - أمواجها القصيرة مفيدة في أنظمة الرادار المختلفة وفي دراسة الخواص الذرية والجزيئية للمواد.

(3) الأمواج تحت الحمراء: - Infrared waves

* وتسمى الأمواج الحرارية .

* الأطوال الموجية: - من ($1\text{mm} - 7 \times 10^{-7} \text{ m}$)

* إنتاجها: - تنتج عن الأجسام الساخنة والجزيئات وينتج بوفرة من الشمس.

وقد اكتشف لأول مرة عام 1800 بواسطة ويليام هيرشيل.

* طاقتها الإشعاعية عند امتصاصها تظهر كحرارة . لأن طاقتها تعمل على إثارة ذرات الجسم وتزيد من حركتها الاهتزازية أو الانتقالية وهذا يزيد من حرارتها.

* الطيف لهذا الجزء متصل مثل الجزء المرئي ولكنه يحتوي بعض الخطوط السوداء التي لا يوجد عندها تأثير حراري .

Visible Light

(4) الضوء المرئي

وهذا هو الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، وهو الذي يثير حاسة الإبصار عند الإنسان. والأطوال الموجية المختلفة للضوء المرئي توصف بالألوان، وهي تمتد من اللون البنفسجي ذو الطول الموجي $(\lambda = 4 \times 10^{-7} \text{ m})$ إلى اللون الأحمر ذو الطول الموجية $(\lambda = 7 \times 10^{-7} \text{ m})$ وحساسية العين تعتمد على طول الموجة وهذه الحساسية أعظم ما تكون عند طول الموجة $(\lambda = 5.6 \times 10^{-7} \text{ m})$ أي عند اللون الأصفر المخضر.

وسنأتي إلى تفصيل هذا الجزء في مكان آخر إن شاء الله.

(5) الأمواج فوق البنفسجية Ultraviolet waves

أطوال أمواجها: - ما بين $(3.8 \times 10^{-7} \text{ m} - 6 \times 10^{-8} \text{ m})$

* إنتاجها: - أهم مصدر لها هو الشمس. وهناك مصادر صناعية لها مثل المبات القوسية ذات الكاثودات الحديدية أو من الكربون.

كذلك لمبات نجار الزئبق وأنابيب التفريغ. وكان بداية اكتشافها بواسطة العالم ريتزر عام 1801.

* الأمواج فوق البنفسجية تنعكس كما ينعكس الضوء المرئي ... وقد وجد مثلاً أن معدن الفضة يعكس 95% من الضوء المرئي بينما يعكس 4% من الفوق بنفسجية لذلك تعتبر فلوات جيدة لتمرير الأمواج الفوق بنفسجية ومن المعادن الأخرى التي تعمل نفس الشيء هي النيكل والمغنيسيوم.

التأثير الكهروضوئي للأشعة البنفسجية: أيضاً يوجد للأشعة فوق البنفسجية تأثيراً كهروضوئياً كما في حالة الأشعة تحت الحمراء.

ومن التأثيرات والتطبيقات الأخرى على هذه الأشعة :-

* فإن الأشعة فوق البنفسجية ما بين $3000\text{\AA} - 2000\text{\AA}$ نشيطة جدا بيولوجيا فهي تقتل البكتيريا.

* كذلك يوجد تطبيقات طبية لهذا الأشعة وهي ضرورية في تكوين فيتامين D في الجلد، ومفيدة للعظام . ولكن التعرض الزائد لها يسبب اسمرار البشرة وأمراضا مثل سرطان الجلد.

* كذلك فإن معظم الأمواج الفوق بنفسجية تمتص من ذرات من الطبقة الخارجة للغلاف الجوي المسماة (الستراتوسفير). وأحد مكونات الستراتوسفير هو الأوزون (O_3) ويتألف من تفاعلات الأكسجين مع الأمواج فوق البنفسجية وتحويل ال UV لحرارة .

(6) الأشعة السينية :-

* أطوالها الموجية ما بين ($10^{-13}\text{ m} - 10^{-8}\text{ m}$)

* مصدرها : - هو بإبطاء الالكترونات عالية الطاقة وجعلها تصطدم بحاجز معدني.
* تستعمل بشكل كبير في الطب وتشخيص الأمراض .

(7) أشعة جاما :-

* أطوالها الموجية من $10^{-16}\text{ m} - 10^{-14}\text{ m}$

* تنتج عن الجسيمات المشعة مثل ^{60}Co و ^{137}Cs ومن خلال تفاعلات كيميائية.
* وهي شديدة الاحراق ومدمرة للخلايا الحية .
* تستخدم في الطب في تشخيص الأمراض .

سادسا : - قياس الإشعاع radiometry

نعني في قياس الإشعاع قياس الطاقة الكهرومغناطيسية بغض النظر عن إمكان رؤيتها لها. وعلى خلاف ذلك فإن القياس الضوئي يحدّث في ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي تدركه عين الإنسان كإحساس بالضوء. أما قياس الإشعاع فهو الحالة الأكثر عموما.

* إصطلاحات

1- الطاقة الإشعاعية radiant Energy

تعريفها : - هي الطاقة المنقلة في صورة أمواج كهرومغناطيسية .

رمزها : - Q أو E

وحدتها : - الجول \equiv Joule \equiv J

2- كثافة الطاقة الإشعاعية radiant energy density

تعريفها : - هي الطاقة الإشعاعية لكل وحدة حجم .

رمزها : - W

وحدتها J/m^3

3- الفيض الإشعاعي (القدرة الإشعاعية) Radiant flux

تعريفها : - هي الطاقة الإشعاعية المنقولة في وحدة الزمن .

رمزها : - Φ

وحدتها : - الواط \equiv watt \equiv W

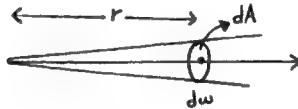
(4) الشدة الإشعاعية Radiant intensity

تعريفها : - هو القدرة الإشعاعية لمصدر نقطي لوحدة الزاوية المجسمة .

رمزها : I

وحدتها : - واط / ستراديان $\equiv (W / sr)$

ووحدة الزاوية المجسمة أو sr وهي الزاوية عند مركز الكرة التي نصف قطرها (m) والتي تقابل على سطح الكرة مساحة مقدارها (m^2)



(5) الإشعاعية Radiance

تعريفها : - هي القدرة الإشعاعية التي تغادر سطحا ما لوحدة الزاوية المجسمة ولوحدة المساحة المسقطه من ذلك السطح : -

$$\frac{\text{الشدة}}{\text{المساحة}} = \frac{\text{القدرة}}{\text{الزاوية المجسمة} \times \text{المساحة}} = \text{الإشعاعية}$$

رمزها : L

وحدتها : واط / m^2 - ستراديان $\equiv W / Sr.m^2$

(6) الإشعاعية Irradiance

تعريفها : - هي القدرة الإشعاعية الساقطة على وحدة المساحة من سطح ما .

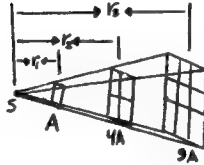
$$\frac{\text{القدرة الإشعاعية}}{\text{المساحة}} = \text{الإشعاعية}$$

رمزها : - E

وحدتها : - واط / م² = 2

وينتج مقدار الإشعاعية من مصدر نقطي قانون التربيع العكسي .

$$E \propto \frac{1}{r^2}$$



صور بلانك بأن الطاقة الكهرومغناطيسية المتصلة أو المشعة تكون على شكل كمات منفصلة كل منها له طاقة من مقدار محدد، وقد سمي هذا الكم بكموانتم الطاقة أو الكوانتم للإختصاص .

وقد وجد أن طاقة الكوانتم هي مضاعف صحيح للتردد .

$$E = h f$$

حيث : -

E : الطاقة

h : الثابت ويسمى ثابت بلانك ويساوي $6.525 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

f : التردد

ووحدة الطاقة هي (بالجول J) وقد تكون أيضا (بالإلكترون فولت eV)

حيث:-

$$1 \text{ eV} = \frac{1.6602}{1.6602} \times 10^{-19} \text{ J}$$

طاقة الكوانتم (بالإلكترون فولت) لمناطق مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي.

فوق الحمراء $\rightarrow 1 \text{ eV}$

المرئي $\rightarrow 205 \text{ eV}$

فوق البنفسجي $\rightarrow 5 \text{ eV}$

الأشعة السينية $\rightarrow 10^4 \text{ eV}$

أشعة جاما $\rightarrow 10^7 \text{ eV}$

مثال : - ما هي الطاقة المحمولة مع فوتون ضوئي تردده $(6 \times 10^{-14} \text{ HZ})$ ؟ وما

هي طول الموجة ؟

الحل : -

$$E = h f$$

$$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}) \left(6 \times 10^{-14} \frac{1}{\text{s}} \right)$$

$$= 3.98 \times 10^{-47} \text{ J}$$

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6 \times 10^{14} \text{ 1/s}}$$

$$\lambda = 500 \times 10^{-9} \text{ m} = 500 \text{ nm}.$$

مثال : أمواج FM لها قدرة 150Kw وتعمل على تردد (99.7MHZ) . كم عدد الفوتونات بالثانية التي يثتها المرسل.

الحل : -

الطاقة الكلية للفوتونات هي الثانية:

$$E = 150 \times 10^3 \text{ W} = 150 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

طاقة الفوتون الواحد هي

$$E = hf$$

$$= (6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}) (99.7 \times 10^6 \frac{1}{\text{s}})$$

$$= 6.6 \times 10^{-26} \text{ J}$$

$$\frac{\text{الطاقة الكلية للفوتونات في الثانية}}{\text{طاقة الفوتون}} = \text{عدد الفوتونات في الثانية}$$

$$\frac{150 \times 10^3 \text{ J/s}}{6.6 \times 10^{-26} \text{ J}} =$$

$$2.27 \times 10^{30} \frac{\text{photon}}{\text{s}} =$$

الوحدة الثانية

الاضاءة وقياس الضوء

الوحدة الثانية : الإضاءة وقياس الضوء

أولا : - قياس الضوء المرئي Photometry

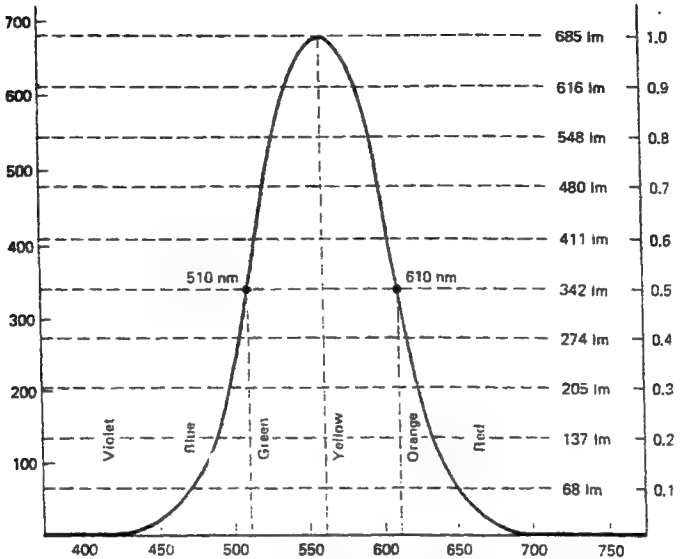
سبق وأن درسنا قياس الإشعاع (Radiometry) . حيث تنطبق الألفاظ الخاصة بالقياس الإشعاعي على كل أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي.

ويوجد تعابير خاصة بالقياس الضوئي تنطبق على جزئه المرئي فقط. وإذا ما رغبتنا في تحويل القيم الخاصة بالقياس الإشعاعي إلى قيم خاصة بالقياس الضوئي أو عكس ذلك، وجب علينا أن نأخذ بعين الاعتبار وضوح الرؤية النسبي للضوء ذي الطول الموجي المعين Visibility إن المنحنى الناتج (الشكل 1) هو منحنى فعالية السطوع أو فعالية الإضاءة ومصطلحها الأجنبي luminous efficiency

تعريف نسبة وحدة القياس الضوئي إلى وحدة القياس الإشعاعي المكافئة لها بتأثير السطوع .

وتمثل ذروة المنحنى ($\lambda = 550 \text{ nm}$) الطول الموجي الذي تبلغ عنده حساسية العين اقصاها ولذا فهي نقطة الوضوح الأقصى أو هي تأثيرية السطوح (الإضاءة) الأقصى للرؤية البصرية.

واللون عند ($\lambda = 550 \text{ nm}$) هو اللون الأصفر المخضر.



والعلاقة ما بين وحدة القياس الضوئي ووحدة القياس الإشعاعي كما هو واضح من الرسم بأن :

(1) وحدة القياس الضوئي = تأثيرية الإضاءة × وحدة القياس الإشعاعي.

(2) تأثيرية الإضاءة = 685 × فعالية الإضاءة .

(1) طاقة الإضاءة (طاقة السطوع) Luminous Energy

* رمزها ← W

* وحدته هي (التالبرت) ← talbot

(2) التدفق الضوئي ، قدرة الإضاءة (السطوع) ، فيض الإضاءة (السطوع)
Luminous flux

إن التدفق الضوئي أو فيض الإضاءة :- هي كمية القدرة الإشعاعية التي تنتج إحساساً بصرياً لدى الملاحظ الإنسان.

وهي كمية الطاقة المارة من خلال سطح في وحدة الزمن

* الرمز ← Ø

* وحدة قدرة الإضاءة ← اللومن Lumen

واختصارها لم Lm

وتكافئ اللومن الواحد عند الطول الموجي ($\lambda=555\text{nm}$) ، ما يعادل $(\frac{1}{685})$

(watt) أي أن ← (1 watt = 685 Lm) بحسب الرسم (1)

ولكي نستخدم هذا التحويل في أي موقع في الطيف المرئي، فلا بدّ من إدخال تأثيرية الإضاءة المناسبة . ونتج المعادلات

والتدفق الضوئي هي اللفظ الرئيس في كلّ القياس الضوئي وتوفّر لنا وحدتها اللومن جنباً إلى جنب مع المتر والستيراديان (وحدة الزاوية المائجة) أساساً سليماً لبناء نظام بسيط منطقي متماثل من الألفاظ والوحدات الخاصة بقياس الضوء.

(3) شدة الإضاءة ← 1 كانديلات = Candela

اختصارها 1 cd

$$1 \text{ candela} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ Steradian}}$$

* ملاحظات

نفرض أن مصدر نقطي يقع عمودي فوق سطح المسافة بين السطح والمصدر هي

(R) مسافة السطح (A)

الزاوية المجسمة هي (w) وتساوي

$$w = \frac{A}{r^2}$$

* إذا لم تعطى المساحة ولا المسافة وكان هناك زاوية α كما في الشكل (2) فإن

(w) تساوي

$$w = 2 \Pi (1 - \cos \alpha)$$

والشدة تساوي :-

$$I = \frac{\phi}{w}$$

$$\phi = w I$$

وفي حالة التدفق الكلي (التدفق في جميع الاتجاهات) $\phi_0 \equiv$

$$w = 4 \Pi$$

$$\phi_0 = 4 \Pi I$$

في جميع الاتجاهات

$$\Pi \approx \alpha$$

$$w = 2 \Pi (1 - \cos \Pi)$$

$$w = 2 \Pi (1 - \cos \Pi)$$

$$w = 2 \Pi (1 - (-1))$$

$$w = 4 \Pi$$

(4) الاستضاءة Illuminance

* تعرف على أنها تدفق الضوء الساقط على وحدة المسافة من السطح المضاء .

$$E = \frac{\phi}{A} \leftarrow E \leftarrow \text{رمزها}$$

$$\text{Lux} \equiv \text{الوحدة} \leftarrow \text{اللوكس}$$

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lum}}{\text{m}^2}$$

* هناك وحدات أخرى للإستضاءة ، قلت قيمتها :-

* الفوت :- الومن / سم²

* الشمعة القدمية :- لفظ غير مناسب يبدو أنه يدل على أن شدة السطوع بالشمعات يجب أن تضرب في المسافة بدلاً من الدلالة على أن هذه الوحدة هي استضاءة سطح يبعد وحدة المسافة عن مصدر نقطي شدة سطوعه تساوي كاندليلا واحدا . وتساوي الشمعة القدمية 10,7639 لم / م² .

* ملاحظات :

$$E = \frac{\phi}{A}$$

$$\phi = I \cdot w$$

$$w = \frac{A}{r^2} \Rightarrow A = w \cdot r^2$$

$$E = \frac{I \cdot W}{W \cdot r^2} = \frac{I}{r^2}$$

$$E = \frac{I}{r^2}$$

القانون السابق هو في حالة سقوط الضوء على سطح بشكل عمودي ولكن إذا سقط الضوء بحيث يعمل زاوية θ مع العمودي فإن الإضاءة E تساوي

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$

(5) اللمعانية Luminance

* وهو لفظ القياس الضوئي المناظر للإشعاعية .

* وهي الشدة الضوئية لكل وحدة مساحة .

* الوحدة ← $1 \text{ cd} / \text{m}^2$

وهناك وحدات أخرى غير لازمة .

- ستيلب stilb = كانديلا / سم² .

- الأبوستلب = 0.9 ملياميرت .

- الأميرت = $\frac{1}{\pi}$ كانديلا / سم² .

- قدم - لاميرت = $\frac{1}{\pi}$ شمعة / قدم² .

- سكت scot = 10 أبوستلب .

أمثلة

مثال (1) :

أوجد التدفق الضوئي على سطح كروي مساحة 0.2 m^2 وبعد المصدر الضوئي عن المركز يساوي 5m وكانت شدة الإضاءة تساوي 800 cd .

$$\phi = I \cdot w$$

$$w = \frac{A}{r^2}$$

$$w = \frac{0.2}{5} = 0.004 \text{ sr}$$

$$\phi = 800 \times 0.04$$

$$\phi = 32 \text{ Lm}$$

مثال (2) خلية كهروضوئية تقيس الضوء من خلال ثقب أبعاده , (40 mm 15mm) .. تدفق الضوء (0.2 Lumen) ما هي أقصى مسافة ما بين مصدر الضوء النقطة وثقب الخلية (شدة الإضاءة 50 cd)

$$\phi = 0.2 \text{ Lm} \quad I = 50 \text{ cd}$$

$$A = 40 \times 10^{-3} \text{ m} \times 15 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-4}$$

$$\phi = I \cdot w$$

$$w = \frac{I}{\phi}$$

$$w = \frac{0.2}{50} = 4 \times 10^{-3}$$

$$w = \frac{A}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{A}{w} = \frac{6 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} = 0.15 \text{ m}^2$$

$$r = 0.387 \text{ m}$$

مثال (3) مصدر نقطي للضوء بعده (2m) عن شاشة حيث يوجد في الشاشة ثقب دائري له قطر (10 cm) ... الشاشة بزاوية قائمة للخط الذي يضم مركز الثقب والمصدر وجد أن 0.05 lumen للتدفق الضوئي من المصدر تمر خلال الثقب
أ) ما هي الزاوية المحسمة بالستيراديان .
ب) شدة المصدر في اتجاه الثقب .

ج) إذا كان المصدر يشع في جميع الاتجاهات ، أوجد العدد الكلي من اللومن التي يشعها.

$$r = 2 \text{ m}$$

$$A = (5 \times 10^{-2})^2 \times 3.14 \quad (\text{مساحة دائرة})$$

$$A = 7.85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\phi = 0.05 \text{ Luman}$$

$$w = ? \text{ أ)}$$

$$w = \frac{A}{r^2}$$

$$w = \frac{7.85 \times 10^{-3}}{(2)^2} = 1.96 \times 10^{-3} \text{ Sr}$$

$$I = ? \text{ ب)}$$

$$I = \frac{\phi}{A}$$

$$I = \frac{0.05}{7.85 \times 10^{-3}}$$

$$= 6,369 \text{ cd}$$

$$\phi_o = 4 \pi I$$

$$\phi_o = 4 \times 3.14 \times 60369$$

$$= 80 \text{ Lm} .$$

مثال (4) أوجد أي مسافة من حاجر سوف يعطي مصباح قوته 30 cd نفس الإضاءة التي يحدتها مصباح قوته 80 على بعد 6m من الحاجر

$$I_1 = 30 \text{ cd} \quad r_1 = ?$$

$$I_2 = 80 \text{ cd} \quad r_2 = 6 \text{ m} .$$

$$E_1 = E_2 \quad \text{نفس الإضاءة}$$

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

$$I_1 \cdot r_2^2 = I_2 \cdot r_1^2$$

$$r_1^2 = \frac{I_1 \cdot r_2^2}{I_2}$$

$$r_1^2 = \frac{30 \times 36}{80}$$

$$r_1 = m. \rightarrow r_1 = 3.67m$$

مثال (5) خلية كهروضوئية تقيس الإضاءة التي تستقبلها من الشمس علما بأنها تساوي 105 Lux إذا كانت المسافة ما بين الأرض والشمس هي $(1.5 \times 10^{11} m)$ أوجد شدة إضاءة الشمس

$$E = 105 \text{ Lux}$$

$$r = 1.5 \times 10^{11} m$$

$$I = ??$$

$$E = \frac{I}{r^2}$$

$$I = r^2 \cdot E$$

$$= (1.5 \times 10^{11})^2 (105)$$

$$= 2.25 \times 10^{27} \text{ cd}.$$

مثال (6) ما هي شدة الإضاءة لمصباح تنجستن قدرته الكلية (200w) كفاءته 18L/w

$$P = 200 w$$

$$N = 18 L/w$$

$$\phi_o = 4\pi I$$

$$I = \frac{\phi_o}{4\pi} = \frac{3600Lm}{4 \times 3.14}$$

مثال (7) مصباح قدرته (p = 50 w) .. كفاءته (N = 15L/w) على أي بعد من المصباح تكون الإضاءة أكبر ما يمكن وتساوي 2Lux

$$E = 2 Lx$$

$$N = 15L/w$$

$$\phi = P.N = 50 w \times 15 \frac{Lm}{w}$$

$$= 750 Lm . = \phi_o$$

$$E = \frac{I}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{I}{E}$$

$$r^2 = \frac{59.7cd}{2} = 29.85 m^2$$

$$r = 5.46m$$

مثال (8) : أوجد الإضاءة على سطح يبعد 3m عن مصدر ضوئي شدته 130cd .

أ- إذا كان السطح عمودي على اتجاه الضوء

ب- إذا كان العمودي على السطح يصنع زاوية مقلراها 20° مع أشعة الضوء

$$E = ?$$

$$I = 130 cd$$

$$E = \frac{I}{r^2}$$

(أ)

$$E = \frac{130}{(3)^2} = 14.44 Lx$$

(ب)

$$E = \frac{I}{(r_1)^2} \cos \theta$$

نريد r_1

$$\cos \theta = \frac{r}{r_1}$$

$$r_1 = \frac{r}{\cos \theta}$$

$$r_1 = \frac{3}{\cos 20}$$

$$r_1 = 3.193$$

$$E = \frac{I}{(3.193)^2} \cos 20$$

$$E = \frac{130 \cos 20}{(3.193)^2}$$

$$= 11.982 \text{ Lx} .$$

مثال (9)

أ) أوجد الإضاءة عند مركز طاولة مستديرة نصف قطرها (1m)

ب) وعند حافتها إذا علق مصدر ضوئي شدته 200 cd على بعد 3m فوق مركزها.

أ)

$$E = \frac{I}{r^2}$$

$$E = \frac{200}{(3)^2}$$

$$= 22 \text{ Lx}$$

ب)

$$E = \frac{I}{(r_1)^2} \cos \theta$$

$$r_1^2 = 1^2 + 3^2$$

$$r_1^2 = 10 \rightarrow r_1 = \sqrt{10} = 3.16 \text{ m}$$

$$\sin \theta = \frac{1}{3}$$

$$\theta = 19^\circ$$

$$E = \frac{200}{(3.16)^2} \times \cos 19 = 18.81 \text{ x}$$

أسئلة متنوعة

س1 : مصدر ضوئي شدته (55cd) ، جد الاستضاءة الحادثة على ستارة تبعد (2.2m) تبعد بافتراض السقوط العمودي .

$$E = \frac{I}{r^2}$$

$$E = \frac{55}{(2.2)^2} = 11.364 \text{ Lx}$$

س2: يستقبل وسط الشارع المنبسط الضوء من مصباحين كل منهما 200cd محمولين على عمودين طول كل منهما 14m ويبعدان عن بعضهما (60m) جد الاستضاءة في وسط الشارع .

$$E_1 \equiv \text{الاستضاءة القادمة من المصدر أ نحو وسط الشارع .}$$

$$E_2 \equiv \text{الاستضاءة القادمة من المصدر ب نحو وسط الشارع .}$$

$$E \equiv \text{الاستضاءة الكلية في وسط الشارع.}$$

$$E = E_1 + E_2$$

$$E_1 = \frac{I}{(r_1)^2} \cos \theta$$

$$r_1^2 = (30)^2 + (14)^2$$

$$r_1^2 = 1096 \text{ m}^2$$

$$r_1 = 33.11 \text{ m}$$

$$\cos \theta = \frac{14}{33.11} = 0.4228$$

$$E_1 = \frac{2000}{1096} \times 0.4228$$

$$E_1 = 0.772 \text{ Lx}$$

$$E_1 = E_2$$

$$E_2 = 0.772 \text{ Lx}$$

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = 0.722 \text{ Lx} + 0.722 \text{ Lx}$$

$$= 1.444 \text{ Lx}$$

س3 : يعد مصدر ضوئي لعانيته (16 cd /m²) مسافة (90.5m) عن ثقب ستارة (مساحة الثقب (0.2m²) ويحدث عليها الامتضاء نفسها التي يحدثها مصباح مجهول اللمعانية موضوع على بعد 80 cm من الثقب .. احسب لمعانية هذا المصباح.

ج3 : لنأخذ المصدر الأول

$$B = 16 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$I_1 = 16 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \times 0.2 \text{ m}^2$$

$$I_1 = 3.2 \text{ cd}$$

$$r_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$E_1 = \frac{I_1}{(r_1)^2} = \frac{3.2}{(0.5)^2}$$

$$= 12.8 \text{ Lx}$$

$$E_1 = E_2$$

$$E_2 = 12.8 \text{ Lx}$$

$$E_1 = \frac{I_1}{(r_2)^2} \quad r_2 = 0.8 \text{ m}$$

$$12.8 = \frac{I_2}{(0.8)^2}$$

$$I_2 = (12.8) (0.8)^2$$

$$= 8.192 \text{ Lx}$$

ثانيا : مقاييس الإضاءة (الفوتوميترات)

هي مقاييس تستعمل لقياس شدة الإضاءة للمصادر الضوئية، وتعتمد على مقارنة شدتي إضاءة سطح معين بمصدرين أحدهما معياري.

وتعتمد فكرته بأنه إذا تساوت شدتي الإضاءة لسطح مضاء بمصدرين شدتي إضاءتها E_1, E_2 حيث أحدهما معروف الشدة وكانا على بعد r_1 و r_2 على التوالي من السطح المضاء نطبق مبدأ أن

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ومن خلالها يمكن معرفة شدة استضاءة المصدر المجهول الشدة. ومن أنواعه .

أ- مقياس الإضاءة ذو مكعب الشمع (فوتوميتر جولي)

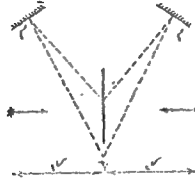
يتكون من مكعب من الشمع يقسمه من المنتصف ورقة قصدير موضوع داخل صندوق جانبية مفوحين إنظر الشكل



يوضع المصدران المعياري والذي يراد إيجاد شدته كل واحد على جهة ... ويثبت المصدران بينما نبدأ بتحريك المكعب بواسطة مقبض حتى نحصل على استضاءة متساوية على نصفي المكعب الشمعي وعندما نتوقف عن تحريك الفوتوميتر وعندما نقيس المسافة r_1 و r_2 و عندما نعرف شدة المصدر المجهول الشدة بواسطة العلاقة

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

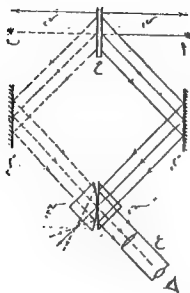
ب- مقياس الإضاءة ذو بقعة الشمع (مقياس بنزن)



عندما توضع بقعة شمع على ورقة فإنها تختفي إذا تساوت أشعة الضوء الساقطة عليها من جميع الجهات .

نضع الورقة وعليها قطعة الشمع بين المصدر المراد إيجاد شدته والمصدر المعياري نحرك المقياس بينهما حتى تختفي الصورة ، نقيس r_1 و r_2 ونحسب شدة المصدر المجهول حسب العلاقة السابقة

ج- مقياس الضوء ذو الموشورين .



يسقط الضوء من مصدرين أ و ب على حائل نصف شفاف .. حيث الضوء القادم من المصدر (أ) يسقط الحائل وينعكس إلى م 1 وعندها ينعكس لينفذ في الوجه القابل لنشور سن 1 الجزء الملتصق من الموشور سن مع الموشور سن 2 هو المنفذ فقط للضوء. الأشعة القادمة من ب تتبع المسار الموضح بالشكل وعند النظر بالعين في عينية الجهاز نرى دائرة مضيئة في وسطها دائرة أخرى مختلفة في شدة الاستضاءة. فإذا أضئ المصباح (ب) لوحده يبدو في العينة دائرة معتمة وسطها مضيئة . وعند تساوي شدي استضاءة سطحي الحائل يبدو مجال الرؤية مضيئا بشدة استضاءة واحدة وهذا يحصل بتغيير r_1 و r_2 وعندها نحسب العلاقة

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

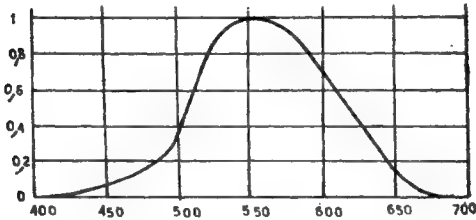
الفوتومتريات الكهروضوئية

وهي فوتوميترات تعتمد على الظاهرة الكهروضوئية (أي ظاهرة تحويل بعض السطوح للضوء الساقط عليها إلى تيار كهربائي)

ولكي نستعمل الخلايا الكهروضوئية كمقاييس للضوء يجب توفر ما يلي فيها.

أ- تستجيب للضوء بنفس الطريقة التي تستجيب فيها العين له .

ب- تعمل المقياسات الكهروضوئية للفيض الضوئي أو اللمعية باستخدام مجموعة من خلية كهروضوئية ومرشحات تصحح وفق منحنى تأثيرية السطوع .



ج- أن لا تتغير من يوم لآخر .

* مكوناتها:

- خلية كهروضوئية .

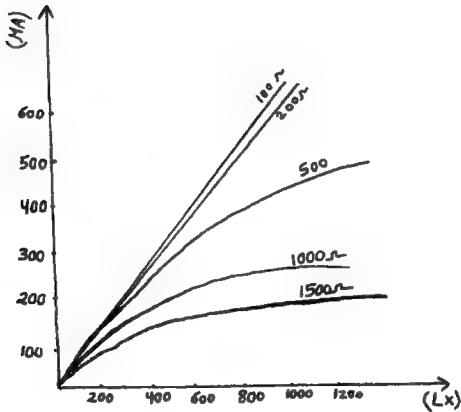
- مرشحة (فلتر) لامتصاص الأشعة غير المرئية .

- منظومة بصرية تتألف من عدسات بسيطة أو تلسكوب أو ميكروميكروب أو كرة مكاملة .

* مبدأ العمل :-

تعطي الخلية الكهروضوئية تياراً يتناسب مع الفيض الكلي الساقط عليها ويمكن تعبير المقياس بدلالة اللومانية (cd/m^2) أو بدلالة التدفق الضوئي (lm) أو شدة الضوء (cd).

الشكل (7) يمثل العلاقة ما بين الاستضاءة بال (L_x) وشدة التيار الكهربائي الذي تنتجه الخلية الكهروضوئية بال (MA) لعدة مصادر ضوئية مختلفة بمقاوماتها.



* أسئلة متنوعة

س1: وضع على جانبي شاشة في فوتوميتر مصدرين ضوئيين أحدهما على بعد (30cm) وشدة إضاءته (80cd) و الثاني على بعد (8cm) وشدة إضاءته (45cd) في أي جانب وعلى أي بعد يجب أن يوضع مصدر ضوئي آخر شدة إضاءته (50cd) في وقت تساوي استضاءة سطحي الفوتوميتر.

$$I_1 = 80 \text{ cd} , r_1 = 30 \text{ cm} = 0.3\text{m}$$

$$I_2 = 45\text{cd} , r_2 = 0.08 \text{ m.}$$

$$I_3 = 50 \text{ cd} , r_3 = ?$$

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2} = 888.9 \text{ Lx}$$

$$E_2 = \frac{I_2}{r_2^2} = 7031.25 \text{ Lx}$$

عند تساوي الإضاءة على جانبي الفوتوميتر يجب أن يكون المصدر الثالث عند جانب المصدر الأول لأن إضاءته أقل من إضاءة المصدر الثاني .

عند تساوي الإضاءة على جانبي الفوتوميتر

$$E_1 + E_3 = E_2$$

$$E_3 = E_2 - E_1$$

$$E_3 = 7031.25 - 888.9$$

$$E_3 = 6142.4 \text{ Lx}$$

$$E_3 = \frac{I_3}{r_3^2}$$

$$r_3^2 = \frac{I_3}{E_3}$$

$$r_3^2 = \frac{50}{6142.4}$$

$$r_3^2 = 9.14 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_3 = 0.09 \text{ m} = 9 \text{ cm} .$$

س2: وضع مصدران ضوئيان أحدهما يعطي (25 cd) والآخر يعطي (100cd) بحيث يبعد عن بعضهما مسافة متر واحد أين ينبغي وضع ستارة فوتوميتر البقعة الذهبية ليزن تساوى استضاءة وجهي الستارة .

$$I_1 = 25 \text{ cd} , r_1 = ?$$

$$I_2 = 100 \text{ cd} , r_2 = 1 - r_1$$

$$E_1 = E_2 .$$

$$\frac{I_1}{(r_1^2)} = \frac{I_2}{(1 - r_1)^2}$$

$$\frac{25}{r_1^2} = \frac{100}{1 - 2r_1 + r_1^2}$$

$$25 - 50 r_1 + 25 r_1^2 = 100 r_1^2$$

$$25 - 50 r_1 = 75 r_1^2$$

$$75 r_1^2 + 2r_1 - 1 = 0$$

$$(3r_1 - 1) (r_1 + 1) = 0$$

$$3r_1 - 1 = 0 \Rightarrow 3r_1 = 1 \Rightarrow r_1 = \frac{1}{3} \text{ m}$$

$$r_1 + 1 = 0 \Rightarrow r_1 = -1 \text{ تلغي}$$

$$r_2 = 1 - r_1 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \text{ m}$$

تكون الستارة على بعد ($\frac{1}{3} \text{ m}$) عن (s1) و ($\frac{2}{3} \text{ m}$) عن (s2)

المصادر الممتدة

كل ما تحدثنا عنه سابقا كان من المصادر النقطية ولكن ماذا لو كانت هذه المصادر الضوئية ممتدة... عندئذ يجب الأخذ بعين الاعتبار شكل المصدر وإذا شع المصدر عبر فتحة دائرية لا يمكن التغاضي عن قطرها بالمقارنة مع المسافة من الستارة .

أولا :- تصبح الاستضاءة في المصادر الممتدة كما يلي.

$$E = \frac{\pi r^2 I}{r^2 + d^2}$$

حيث E :- الاستضاءة

I :- الشدة

d :- المسافة بين المصدر الضوئي والسطح المضاءة

r :- نصف قطر المصدر الضوئي الدائري .

ثانيا: - في حالة الفوتومترات

عندما تكون المصدرين الضوئيين في حالة الفوتومترات ممتدان فإنه يكون هناك هذه العلاقة

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

حيث B₁ :- لمعانية المصدر الضوئي الممتد الأول .

B₂ :- لمعانية المصدر الضوئي الممتد الثاني .

r₁ :- المسافة بين المصدر الضوئي الممتد الأول والستارة .

r₂ :- المسافة بين المصدر الضوئي الممتد الثاني والستارة.

ثالثاً : - مصادر الضوء

(1) مصادر الضوء الطبيعية .

(2) مصادر الضوء الصناعية .

(1) مصادر الضوء الطبيعية :-

وتتمثل في أشعة الشمس والشمس يمكن اعتبارها كجسم أسود بدرجة حرارة (6000k) عند المركز و (5000k) عند السطح ، لكن الأشعة الواصلة لسطح الأرض تخفف بواسطة الامتصاص في الغلاف الجوي للأرض....

(2) مصادر الضوء الصناعية :-

أ) الليزر LASER

كلمة ليزر (Laser) هي عبارة عن الأحرف الأولى للكلمات في الجملة التالية:-

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radition)

وجهاز الليزر جهاز بصري يعتمد على ظاهرة الانبعاث المحفز للحصول على الضوء. ومعنى الجملة السابقة (تكبير الضوء عن طريق الانبعاث المحفز (المحرض) للأشعة)

ب- المصابيح الكهربائية

تعريفها :-

هي أداة تعمل على مبدأ (تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية) وذلك عن طريق مرور تيار كهربائي عبر وسط مما يؤدي لتسخينه إلى درجات حرارة عالية وتوهجها.

* أغراضها :-

1 - الإنارة .

2- الاستخدامات البصرية

3- السينما والتصوير

4- الحصول على إشارات ضوئية

* سبب تنوع المصابيح

هو الغرض المراد منها وأداؤها

* أقسام المصابيح الكهربائية

1- مصابيح فتيلة

2- مصابيح التفريغ الغازي

* 1- المصابيح الفتيلة :-

* الشروط الواجب توافرها في المصابيح الفتيلة :-

1- درجة انصهار الفتيل لها عالية.

2- ضغط بخار منخفض .

3- خصائص إشعاع مناسبة ومقاومة كهربائية مناسبة .

* الأمثلة على المصابيح الفتيلة

أ- مصابيح التنجستن:-

وجد أن الشروط السابقة الذكر متوفرة في مادة التنجستن ولهذا شاع استعمال

هذه المادة في المصابيح الكهربائية .

* مكوناته

1- فتيل تنجستن

2- قاعدة نحاسية

3- زجاج

4- حجم مفرغ

* خواص مصابيح التنجستن

1- مفرغة تماما لمنع الأكسدة وفقدان الحرارة . ينتج عن عملية التفريغ اسوداد الجدران الداخلية للزجاج وذلك نظرا لتبخر الوسط المصني وتسربها على الجدران. هذا يؤدي لانخفاض القدرة الضوئية (Lm/w) وأيضا يؤدي للتلف .

2- سلك التنجستن استخدم بشكل مستقيم .

3- القدرة الضوئية (المردود الضوئي) يساوي ($9Lm/w$)

4- تم تحديث هذا المصباح التوهجي بخلط غاز الأورغن والنيتروجين وجعل سلك التنجستن ملتوي وصارت القدرة الضوئية 13 لومن/واط.

ب) مصابيح التنجستن هالوجين

ذكرنا بأن تبخر التنجستن سوف يؤدي إلى أن يرسب على الغلاف الزجاجي مما يؤدي لاسوداد هذا الغلاف الزجاجي. كذلك فإن الغلاف الزجاجي يتعرض لجزء كبير من الإضاءة ويؤدي لتلفه.

لمعالجة المشكلة أضيف خليط من غاز الأورغن بنسبة 90٪ وغاز النيوجين بنسبة 10٪ عند ضغط منخفض... حيث أدى هذا إلى التقليل من تبخر التنجستن والضغط المنخفض أدى لزيادة درجة الحرارة وزيادة المردود الضوئي .

بهذه الحالة يتم التخلص جزئيا من ظاهرة الاسوداد. للتخلص كليا من ظاهرة الاسوداد نقوم بإضافة كمية صغيرة من الهالوجينات مثل (اليود I2 ، الفلور F ، البروم Br، الكلور CL) .. هذه الهالوجينات تعمل دورة استرجاعية للتنجستن .
شرح الدورة الاسترجاعية :-

ترتفع درجة الحرارة ← يتبخر التنجستن ← يتحد التنجستن مع الهالوجين ← يتكون هاليد التنجستن ← عند اقتراب المركب وهو هاليد التنجستن مع سلك التنجستن ونتيجة الحرارة العالية يتفكك المركب ← يرسب التنجستن على السلك ويتطاير الهالوجين. وهكذا تستمر العملية .

مزايا الدورة الاسترجاعية :-

- 1- التخلص التام من ظاهرة الاسوداد مما مكنا من تخفيض حجم الغلاف الزجاجي مقارنة مع مصباح متوهج عادي له نفس القدرة .
- 2- نتيجة للصغر حجم الغلاف تم استخدام غازات خاصة كثافتها كبيرة مثل الكربون kr والزينون Xe .

وهذا رفع القدرة الضوئية لمصباح تنجستن هالوجين ووصل إلى 21 Lm/watt
كما زاد عمر مصباح تنجستن هالوجين إلى حوالي (2000 ساعة)

(2) مصابيح التفريغ :

الضوء الناتج عن التفريغ الكهربائي في الغازات هو ظاهرة جانبية لهذا التفريغ وسبب ظهور الضوء هو أنه بجانب الالكترونات التي لها طاقة حركية كافية لتأيين ذرات الغاز يوجد عدد من الالكترونات التي لها طاقة حركية لاستثارة الذرات وهذه الاستثارة تتبعها انبعاث الخطوط الطيفية الخاصة بالذرات المستثارة.

وعندما نريد التحكم بلون الضوء نختار غازات تقع أطياها ضمن النطاق الأكثر حساسية للعين مثل مصابيح الصوديوم وقد ينتج عن بعض الغازات أطياها منبعثة يقع جزءا منها ضمن المدى ما بعد البنفسجي فتحولها إلى ضوء مرئي وذلك بكسو الغلاف الزجاجي للمصباح بمادة فلورية إذا سقط عليها الضوء فوق البنفسجي تحول الضوء مرئي وهذا ما ينطبق على مصابيح الزئبق.

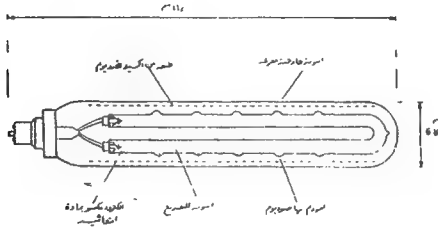
وضغط بخار الصوديوم أو الزئبق منخفض جدا عند درجة حرارة الغرفة، ولذلك يتم وضع غاز خامل في أنبوبة التفريغ بالإضافة لكمية من معدن الصوديوم أو الزئبق. وعندما يحصل انبهار كهربائي ترتفع درجات الحرارة ويبدأ الصوديوم أو الزئبق في التبخر ويرتفع الضغط ويتواجد عدد كاف من ذرات المعدن يمكن استثارتها بواسطة الالكترونات.

والغاز الخامل يؤدي غرضين فهو يعمل كغاز بدئ.. وثانيا كغاز اصطدام أي أن وجوده يتسبب في تحريك الالكترونات في مسارات متعرجة مما يؤدي لتضاعف عدد الاصطدامات بين الالكترونات وذرات المعدن وتضاعف احتمال الاستثارة .

أ- مصباح الصوديوم ذو الضغط المنخفض

خواصة :-

- قدرة الضيائية (133-183 Lm/ watt)
 - الأمانة في نقل الألوان سيء جدا (لا يميز الألوان)
 - عمره 1500 ساعة .
 - الاستخدام:- يستخدم في الأمور التي تحتاج لقدرة ضيائية عالية وعدم تميز في الألوان مثل الشوارع والموانئ والمطارات .
- شكله



ملاحظات

يتم التفريغ في وسط ذو ضغط منخفض ومكون من بخار الصوديوم وغاز خامل 99% نيون و 1% أرجون... والطيف الناتج ينحصر ما بين أطوال موجة (589nm) و (589.6nm) ولذلك فالأشعاع أصفر وتقريبا وحيد اللون. وشكل الأنبوبة المصباح على شكل حرف (U) وذلك ليسهل تركيبه ولخفض طول المصباح. ويجب أن تكون درجة حرارة الأنبوب 270° تقريبا ولتنتج الحرارة تحاط أنبوبة التفريغ بأنبوبة أخرى مفرغة كعازل .

(ب) مصباح الصوديوم ذو الضغط العالي.

خواصة

— القدرة الضيائية (115 Lm/watt)

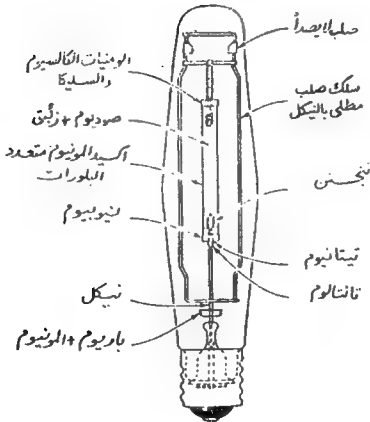
— أمانة نقل الألوان نوعاً ما سيئة

— عمره : يصل عمر المصابيح الحديثة إلى 24000 ساعة .

استخدامه:—

— يستخدم لإضاءة الشوارع الجانبية والمناطق التجارية

شكله



ملاحظات :- يحتوي على زيتق وعلى كمية صغيرة من الأرغون الذي هو ضروري لتسهيل التفريغ لأن ضغط بخار الزيتق عند درجة حرارة الغرفة منخفض جدا .

وفي الغالبية العظمى من المصابيح تركيب أنبوبة التفريغ داخل غلاف زجاجي يعضوي الشكل وذلك حتى يحمي أنبوبة التفريغ ويمنع أي تغير في درجة حرارتها قد تنتج عن تغير درجات حرارة الجو .

والطيف الناتج هنا يحتوي على الأشعة فوق البنفسجية ولتحويله إلى ضوء مرئي يوضع طبقة من مادة متفسرة على غلاف الأنبوب كذلك إضافة المادة المتفسرة تضيف كمية من اللون الأحمر للطيف مما يرفع أمانة نقل الألوان.

(د) - مصباح الهاليد المعدني

خصائصه

- قدرته الضيائية 75-100 Lm/watt

- أمانته في نقل الألوان ممتازة

- عمره 7000 ساعة .

استخدامه

يستخدم في الإضاءة الداخلية للمصانع

ملاحظات

الهاليد المعدني هو مركب نائي لأحد الهالوجينات وعنصر معدني . والهالوجين المستخدم في هذا النوع من المصابيح هو اليود أما العنصر المعدني فقد

يكون الصوديوم، أو الثاليوم ، أو الأندريوم.

وتستخدم هذه الهاليدات كوسيلة لإدخال العنصر المعدني في التفريغ ذات الضغط العالي حيث لا يمكن رفع درجة حرارة الأنبوب إلى درجة حرارة تبخر المعادن ولكن يمكن رفعها إلى درجة حرارة تبخر أملاح هاليد هذه المعادن .

ويادخل المعادن المناسبة يمكن الحصول على أمانة في نقل الألوان ممتازة.

ويحتوي هذا المصباح بالإضافة لهاليد المعدن على غاز خامل وزئبق فعندما ينتقل التوصيل من الغاز الخامل إلى بخار الزئبق ترتفع درجة حرارة جدار الأنبوبة ويبدأ الهاليد المعدني بالتبخر وينقل هذا البخار عن طريق الحمل والانتشار إلى قلب القوس الكهربائي الشديد الحرارة فيتفكك إلى هالوجين ومعدن . ونتيجة للتصادمات التي تحدث بين ذرات المعدن والالكترونات الحرة تستثار ذرات المعدن إلى الحالات التي ينبعث منها الإشعاع الطيفي المميز لهذه الحالات .

وتعود ذرات المعدن والهالوجين نحو المناطق الأكثر برودة حيث تتحد ثم تبدأ هذه الدورة من جديد.

رابعاً : - الإضاءة الداخلية

(1) متطلبات الإضاءة:

تعتمد متطلبات الإضاءة على كمية الإضاءة المطلوبة لإضاءة مساحة ما وعلى الغرض المراد استخدام هذه المساحة له كما قد يعتمد على المهام البصرية المرتبطة بهذا العمل.

فمثلاً يهمنا أن تكون الإضاءة في مكان لعمل كافية للرؤية الجيدة ولكن يهمنا أن تكون الإضاءة بشكل كبير في واجهات المحلات حتى تعرض البضاعة بشكل بارز أما في المعارض الفنية أن تكون الإضاءة بشكل تعكس الألوان الحقيقية للوحات.

أما في البيت أن تكون الإضاءة بحيث يكون هناك راحة إبصارية مع طابع جمالي التصميم.

(2) البهر:

عندما يزيد استضاءة جسم ضمن مجال الرؤية فهذا قد يؤدي إما إلى تعذر الرؤية أو إلى إجهاد بصري .

فعندما يكون استضاءة الجسم ضعيفة لا تظهر دقائق هذا الجسم بشكل واضح أما إذا كانت الاستضاءة عالية فعندها لن تتمكن العين من المقدرة على متابعة الجسم بوضوح وقد يؤدي زيادة استضاءة جسم إلى حالتين : - فهو إما أن يؤدي إلى التأثير على الإدراك البصري بحيث تصبح الرؤية غير واضحة أو قد يؤدي إلى الشعور بعدم الراحة بعد التواجد لمدة من الزمن في مكان فيه زيادة في استضاءة الجسم .

هذا ويعتمد ما تعانیه عینا الإنسان من هذا الأمر على عدة عوامل : -
فمنها عدد مصادر الضوء ، وحجمها ، وموضع مصدر الضوء بالنسبة لمجال الرؤية.
وحتى نشعر بالراحة عند رؤية الأشياء يجب أن تكون استضاءة الجسم وخلفيته
متساويتين ، وألا يكون عكس الجسم للضوء أكبر من عكس خلفيته للضوء . وأن
يوضع العدد المناسب من المصابيح موزعة .

(3) النظم المختلفة لتوزيع الإضاءة .

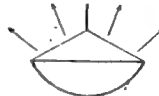
أ- الإضاءة غير المباشرة : -

تكون 90-100٪ من الإضاءة للأعلى والباقي للأسفل... وهذا النوع لا يصاحبه
خيالات فهو لا يستخدم في المتاحف أو لرؤية الأشياء الدقيقة.



ب- الإضاءة شبه غير المباشرة

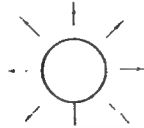
يكون للأعلى 90-60٪ من الإضاءة بينما 40-10٪ للأسفل



ج- الإضاءة التالرية .

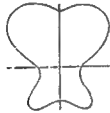
وهنا الإضاءة موزعة بالتساوي بين النصف العلوي والنصف السفلي من الغرفة

وهو يناسب الأجسام التي يراد إظهار أبعادها الثلاثة .



د- الإضاءة شبه المباشرة .

يكون هنا معظم الإضاءة 90%-60 للأسفل والباقي للأعلى وهو مناسب للغرف السكنية والممرات .



هـ- الإضاءة المباشرة

وهنا تقريبا كل الإضاءة للأسفل 100%-90 وقليل منها للأسفل 10%-0 وهو مناسب جدا في غرف العمليات الجراحية أو في أماكن التعامل مع الآلات الدقيقة.

(4) خطوات تصميم الإضاءة :-

أ- الغرض من التصميم والمواصفات .

وقد سبق الحديث عنها هذا بالإضافة لنوعية الجوار المحيط بالمنطقة المراد إضاءتها من حيث درجة التلوث حيث تقسم هذه المناطق إلى خمس درجات

نظيف جدا (VC)

نظيف (C)

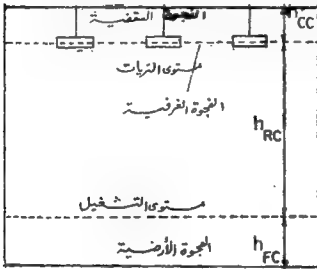
متوسط (M)

متسخ (D)

متسخ جدا (VD)

كذلك يندرج تحت هذا البند وصف المساحة المراد إضاءتها كأبعاده ووضع مستوى التشغيل وهو مستوى مساحته مساوية لمساحة أرضية الغرفة ومرفوع عنها

بمسافة تتراوح ما بين 70-90 cm



من الرسم السابق نسمي ما يلي :-

- فجوة الغرفة (RC) وفجوة السقف (CC) والفجوة الأرضية (FC) ونعين النسب الفجوية لهذه الفجوات الثلاثة من العلاقة

$$\text{Cavity Ratio (CR)} = \frac{5h(L+W)}{L \times W}$$

حيث h تسمى

للنسبة الفجوية الغرفة (RCR) $h = h_{RC}$

للنسبة الفجوية السقفية (CCR) $h = h_{CC}$

للنسبة الفجوية الأرضية (FCR) $h = h_{FC}$

حيث L هي طول الغرفة ، و W عرض الغرفة ، ومن معرفة النسبة RCR ونوع الإضاءة المستخدم يمكن معرفة معامل اتساخ الغرفة من خلال جداول خاصة .

ب- عوامل تؤدي للفقد الضوئي :

هناك عوامل عديدة قد تؤدي للفقد الضوئي فمثلا اتساخ سطح الأماك المضاءة واحترق المصابيح أو التقادم العمري لها وعوامل أخرى وبما أن كل عامل من العوامل يعبر عنه بمعامل معين فإننا نختصر هذه العوامل بأخذ حاصل ضربهما وتسميته العمل الناتج بمعامل الفقد الكلي .

ج- حسابات الإضاءة .

عرفنا فيما سبق بأن استضاءة مصباح تساوي

$$E = \frac{\phi}{A} \dots\dots\dots(1)$$

حيث A هي مساحة سطح التشغيل وبما أن جزءا من التدفق لضوئي هو الذي يصل مستوى التشغيل فتعبر عن عامل آخر يمثل الجزء من التدفق الذي يسقط فمثلا على مستوى التشغيل ويسمى هذا العامل بمعامل الانتفاع بعين الاعتبار تصبح العلاقة (1)

$$E = \frac{\phi(CU)}{A} \dots\dots\dots(2)$$

ويادخال عامل الفقد الكلي تصبح (2)

$$E = \frac{\phi(CU)(LLF)}{A}$$

وعندما تستخدم عدد N من المصابيح تصبح الاستضاءة الكلية E

$$E = \frac{N\phi(CU)(LLF)}{A}$$

مثال : -

يراد تصميم الإضاءة لفصل دراسي طوله (9m) وعرضه (6.5m) وارتفاعه

(3.25m)، وإذا كان معامل الانعقاد يساوي (0.43)، ومعامل الفقر الكلي يساوي (0.56) وأقل استضاءة ممكنة في الغرفة هي (1000Lx) استعملت مصابيح توهجية حيث قدرة المصباح الواحد هي (100 watt) والمردود الضوئي للمصباح الواحد 15 Lumen / watt أجب عمائلي:

- 1- ما هي النسبة الفجوية السقفية (CCR) إذا كانت المصابيح مثبتة بالسقف .
 - 2- ما هي النسبة الفجوية الأرضية (FCR) إذا كانت ارتفاع الفجوة الأرضية هو (hFC = 0.85m)
 - 3- ما هي النسبة الفجوية الغرفة (RCR)
 - 4- ما هو التدفق الضوئي للمصباح الواحد التوهجي .
 - 5- ما هي عدد المصابيح التوهجية المستعملة .
 - 6- ما هي نوعية نظام الإضاءة المستعملة ولماذا .
- الإجابة :-
- المعطيات :-

$$\begin{aligned}
 L &= 9m & W &= 6.5m & h &= 3.25m \\
 CU &= 0.43 & LLF &= 0.56 & E &= 1000 Lx \\
 p &= 100 watt \\
 h_{cc} &= 0 & h_{FC} &= 3.85 & h_{RC} &= 3.25 - 0.85 = 2.4m \\
 A &= L \times W = 9 \times 6.5 = 58.5 m^2
 \end{aligned}$$

1- حساب CCR

$$CCR = \frac{5h_{cc}(L+W)}{L \times W}$$

$$CCR = 0 \quad (h_{cc} = 0 \text{ لأن})$$

2- حساب FCR

$$FCR = \frac{5h_{FC}(L+W)}{L \times W}$$

$$FCR = \frac{5 \times 0.85(9+6.5)}{58.5}$$

$$RCR = 1.126$$

3- حساب RCR

$$RCR = \frac{5h_{RC}(L+W)}{L \times W}$$

$$RCR = \frac{5 \times 2.4(96.5)}{58.5}$$

$$RCR = 3.18$$

4- حساب التدفق الضوئي لمصباح واحد (Ø)

$$\varnothing = P.N$$

$$\varnothing = 100 \times 15 = 1500 \text{ Lm}$$

5- حساب عدد المصابيح المرفوعة .

$$E = \frac{N\varnothing(LLF)(CU)}{A}$$

$$N = \frac{(58.5)(1000)}{(1500)(0.43)(0.56)}$$

$$N = 161.9 = 162$$

6- نوعية الإضاءة هي مباشرة واستخدمناها لأننا في الصف نريد رؤية الأشياء الدقيقة وبوضوح.

الوحدة الثالثة

الطيف الضوئي والألوان

الوحدة الثالثة : الطيف الضوئي والألوان

أولاً : - الطيف الضوئي

1- مقدمة

وجد العالم نيوتن بتجربته المشهورة والتي إذا استخدم فيها منشور وأسقط عليه ضوء الشمس فإنه يتحلل لألوان مختلفة.

ووجد نيوتن بأن الألوان ما هي إلا ضوء الشمس وبأن عمل المنشور ما هو إلا تشتيت الألوان المختلفة لضوء الشمس وذلك نتيجة لانكسار الضوء في المنشور إلى اتجاهات مختلفة.

وكان عدد هذه الألوان سبعة هي الأحمر ، البرتقالي ، الأصفر ، الأخضر ، الأزرق ، النيلي ، البنفسجي.

ثم لم ينته اكتشاف نيوتن عند حدّ الألوان السبعة بل إنه اكتشف أيضاً أنه توجد أسفل الأشعة الحمراء أشعة غير منظورة سميت بالأشعة تحت الحمراء ، كما اكتشفت أشعة فوق الأشعة البنفسجية سميت فوق البنفسجية .

2- ملاحظات

أ - من دراسة الإشعاع فإن أي جسم ساخن مثل الشمس يصدر إشعاعات ذات أطوال موجية مختلفة تتراوح أطوالها من صفر إلى ∞ .

ب- قدرة الانبعاث (بعث الأشعة) تكون قيمة عظمى عند طول موجي معين،

والطول الموجي ذي قدرة ابتعاث عظمى يتوقف على درجة حرارة الجسم المصدر للأشعة (حسب نظرية بلانك للإشعاع)

ج- أي منبع للأشعاع كالشمس مثلاً أو مصباح ضوئي عندما يصدر أشعة تكون غالباً الأطوال الموجية ذات قدرة ابتعاث مناسبة محصورة في منطقة الضوء المرئي وقد تمتد إلى منطقة الأشعة تحت الحمراء أو منطقة فوق البنفسجي، أذ كلما ارتفعت درجة الحرارة انزاحت قدرة الابتعاث العظمى نحو الأطوال القصيرة.

د- من حيث طبيعة الموجات الضوئية فهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية وهي جزء من الطيف الأكبر أي الطيف الكهرومغناطيسي .

3- أنواع الأطياف .

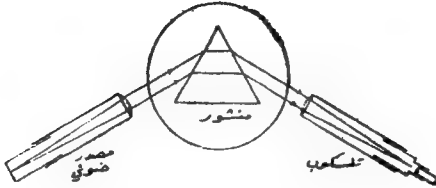
أ- الطيف المتصل (المستمر)

إذا استخدم مقياس للطيف لتحليل أشعة بيضاء وذلك باستعمال شق ضيق لمصدر الضوء بحيث تسقط الأشعة بشكل متوازي على منشور مقياس الطيف (انظر الشكل 1) فإن صورة الشق الضيق تبدو في عينة الطسكوب على هيئة مستطيل تظهر فيه الألوان المختلطة للطيف متدرجة من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي.

* ويسمى مثل هذا الطيف بالطيف المستمر (المتصل) حيث لا توجد حدود فاصلة بين ألوانه وتبدو وكأنها متداخلة .

* ينتج الطيف المستمر عموماً من المواد الصلبة المتوهجة... فمثلاً ضوء مصباح كهربائي يحتوي على سلك تنجستن يعطي الطيف المتصل المذكور .

* أحسن مثال معلوم لطيف مستمر هو طيف أشعة الشمس .



* عموماً فإن الأجسام الصلبة والسوائل المتوهجة الواقعة تحت ضغوط كبيرة نسبياً تعطي طيفاً متصلاً.

* كذلك من الأمثلة على الطيف المتصل هو طيف الأجسام السوداء (جسم تام الإشعاع أي قدرة الانبعاث له 100٪)

ب- الطيف الخطي

* أما الغازات والأبخرة المضينة عند ضغوط منخفضة فتعطي طيفاً يختلف عن طيف الأجسام الصلبة، إذ أن الطيف في مثل هذه الحالة يتكون من خطوط واضحة تفصل بينها مناطق مظلمة وسمى هذا الطيف بالطيف الخطي .

* تبين التجارب أن كل عنصر يبعث طيف خطي يتوقف على ذلك العنصر .

* فمثلاً

- فريت عدة مركبات مختلفة للصدوديوم من هب بنزين أو شرارة كهربائية فإن

خط أصفر مميز له طول موجي معين يظهر في مقياس الطيف

- وعند استعمال هب بخار الصوديوم الذي يستعمل للإضاءة القوية يظهر نفس المذكور ومن ذلك نستنتج أن السبب في ظهور هذا الخط الطيفي يكمن في ذرة الصوديوم نفسها وهذه النتيجة التضح نظرياً صحتها الآن .

* يمكن تعميم الموضوع بأن نقول بأن الطيف الخطي ينشأ من ذرات العناصر، ويسهل الحصول على الأطياف الخطية للغازات إذا استعملت أنابيب تحوي الغاز المطلوب إظهار طيفه تحت ضغط مخفف .

* النموذج الشائع للطيف الخطي هو طيف الهيدروجين .

ج- الطيف الشريطي (الطيف الجزيئي)

* يتكون من شريط أو أكثر مضى في مواضع مختلفة يتخللها ظلمة، ولهاحد واضح عند أحد جانبي الشريط وتقل شدة الإضاءة بالتدرج عند الجانب الآخر للشريط

* يسمى الطيف الشريطي بالطيف الجزيئي لأنه ينتج من إثارة الجزيئات بدلاً من اللرات .

* مثال :- الضرب خلال غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في ضغط مناسب، ينتج طيف خاص بجزيئ (CO_2) ولا يتوقف الطيف على أي من الكربون أو الأكسجين .

* سؤال:- على ماذا يتوقف ظهور الطيف الشريطي أو الخطي أو المستمر؟

1- يتوقف ذلك على الظروف التي يتم فيها الإثارة والتوهج فالهيدروجين يعطي

طيفا خطيا إذا كان الغاز ذي ضغط منخفض جدا وإذا زاد الضغط يعطي طيفا شريطيا وإذا وصل الضغط إلى (30-40 سم زئبق) يعطي طيف مستمر .

2- كذلك الطريقة التي يتم بها التفريغ الكهربائي لها تأثير في الطيف الناتج، فالطيف الحادث عند التفريغ في أنبوبة مخلخله باستخدام ملف عادي يكون شريطيا أما إذا استخدم ملف قوي واستعمل معه مكثف فإن الطيف يكون خطيا .

4- طيف الانبعاث وطيف الامتصاص .

* إذا وصلت أنبوبة تفريغ تحتوي على غاز الهيدروجين مثلا بمصدر للجهد الكهربائي بحيث تتوهج الأنبوبة ، ثم حلل الطيف باستخدام مقياس الطيف تحصل على الطيف الخطي للهيدروجين ويسمى مثل هذا الطيف (بطيف الانبعاث) .

* أما إذا استخدمنا مصدرا للطيف المستمر مثل ضوء الشمس وسمحنا للضوء الأبيض قبل مروره في مقياس الطيف أن يمر بأنبوبة غاز الهيدروجين فإننا نشاهد في تلسكوب مقياس الطيف طيفا مستمرا وقد وجدت فيه خطوط معتمة تقابل الخطوط المضيئة التي يعيها الهيدروجين ويسمى الطيف بهذه الحالة (بطيف الامتصاص).

* يلاحظ أن طيف الانبعاث للهيدروجين عبارة عن خطوط مضيئة في أرضية مظلمة، بينما طيف الامتصاص عبارة عن أرضية من الطيف المستمر تتخلها خطوط مظلمة ويلاحظ أن الخطوط تكون في نفس المواضع المقابلة لها في طيف الانبعاث.

* عند طيف الشمس تمكن فرانهورفر من رؤية أكثر 500 خط من الخطوط المتوازية المظلمة الموزعة في جميع مناطق الطيف المتصل لضوء الشمس وسميت الخطوط بخطوط فرانهورفر .

وقسر العالم كيرتشف ذلك بأن وجود أبخرة وغازات في الغلاف الخارجي

للشمس في درجات حرارة أقل من حرارة قلب الشمس المشع للضوء الأبيض لذا تنص هذه الأبخرة والغازات الخطوط حرارة أقل من حرارة قلب الشمس المشع للضوء الأبيض لذا تنص هذه الأبخرة والغازات الخطوط الخاصة بالعناصر التي تكون هذه الغازات. وبدراسة هذه الخطوط الطيفية أمكن الاستدلال على وجود كثير من العناصر في جو الشمس مثل الهيدروجين والصوديوم والكالسيوم.

5- طرق الحصول على الطيف.

1- الطيف الشمسي

2- الطيف عن طريق اللهب.

وهو طيف مادة من درجة حرارة اللهب (عادة 1800°C)، وهب يزن هو اللهب المعتاد للحصول على أطراف العناصر في المجموعتين 2 من الجدول الدوري للعناصر.

3- طيف الشرارة .

نحصل عليه عندما تمر شرارة في غاز أو بخار ويسعمل لذلك زوج من الأقطاب المعدنية موصلة بملف ونقرب الأقطاب إلى أن تحدث الشرارة وبذا ينبعث الطيف الخاصة بالعنصر الذي تتكون منه الأقطاب.

4- طيف أنابيب التفريغ الكهربائي المخلخلة

في أنبوبة التفريغ نلحم الأقطاب في أنبوبة مفرغة تحتوي على الغاز عادة في ضغط 1 ملم زئبق مثلاً وعند توصيل القطبين بمصدر للجهد العالي تحدث شرارة يتولد الطيف المميز للغاز.

ثانيا : اشعاع الجسم الأسود

إن الاجسام عند أي درجة حرارة يمكن أن يشع اشعاعاً غالباً ما يكون على شكل اشعاع حراري.. وخصائص هذا الاشعاع تعتمد على درجة حرارة وخصائص الأجسام المشعة.

* الجسم الأسود .

وهو نظام مثالي يستطيع امتصاص جميع الاشعاعات الساقطة عليه بأطوالها الموجية وأبسط تقريب للجسم الأسود هو داخل جسم مجوف كما يرى في الشكل (1) ويتصل هذا التجويف الداخلي بالخارج عن طريق ثقب صغير.

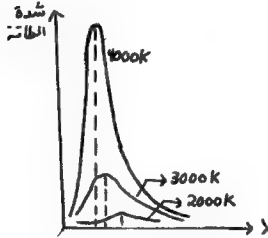


وتعتمد الاشعاعات الممتصة من قبل الجسم الأسود على درجة حرارة هذا الجسم ولا تعتمد على شكله أو حجم التجويف أو المادة المصنوع منها الجسم الأسود.

إذا سخن الجسم الأسود إلى درجات حرارة عالية فسوف تتكون إشعاعات كهرومغناطيسية إلى طاقة حركية اهتزازية وتفقد الذرات هذه الطاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسية.

وقد أجرى علماء تجارب على الأجسام السوداء عند درجات حرارة مختلفة وأوجدوا العلاقة بين شدة الطاقة الاشعاعية وبين طول الموجة فكان الناتج هو

الرسم في الشكل 2



نلاحظ من الشكل ما يلي:-

- 1- كلما ازدادت الحرارة فإن الطاقة الكلية التي تشعها الأجسام السوداء تزيد.
- وقد وجد العلماء أن الطاقة تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة الحرارة حسب العلاقة

$$E = \sigma T^4$$

ويسمى هذا القانون بقانون ستيفان بولتزمان

σ = معدل اشعاع الطاقة لكل وحدة زمن لكل وحدة مساحة .

σ = ثابت ستيفان بولتزمان ومقداره

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} = \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

T = درجة الحرارة المطلقة للجسم الأسود ووحدتها كلفن (K)

- 2- الملاحظة الثانية التي تلاحظها من الجدول بأن النهاية العظمى للمنحنى تنزاح كلما ارتفعت درجة الحرارة نحو أطوال موجية أقصر (أي ترددات أعلى)

والعلاقة التي تربط بين درجة الحرارة والطول الموجي عند أقصى مقدار للطاقة المنبعثة بقانون الإزاحة ووضع العالم واين وهذا القانون

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}$$

حيث λ_{\max} = هي طول الموجة عند أقصى مقدار للطاقة المنبعثة .

T = هي درجة الحرارة المطلقة بالكلفن (K) .

$6.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}$ = ثابت واين (إذا أعطيت درجة الحرارة باستمرار نحوها لكلفن بأن نجمع لها 273)

* ملاحظة :- تقاس أطوال الأمواج عادة بوحدة تسمى الأنجستروم \AA

$$\text{حيث } 1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

مثال :- حرارة جلد الإنسان تقريبا 308k كم يكون طول الموجة عند أقصى مقدار للطاقة المنبعثة من الجلد . علما بأن ثابت واين $6.2899 \times 10^{-2} \text{ m.k}$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{0.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}}{T} = \frac{0.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}}{308}$$

$$= 9.409 \times 10^{-6}$$

مثال :- إذا كانت $\lambda_{\max_1} = 6000 \text{\AA}$ عند درجة حرارة 5000k ما هي

قيمة λ_{\max_2} عند درجة حرارة 3000k

$$\lambda_{\max_1} \cdot T_1 = \lambda_{\max_2} \cdot T_2$$

$$\lambda_{\max_2} = \frac{\lambda_{\max_1} \cdot T_1}{T_2} = \frac{6000 \text{\AA} \times 5000 \text{k}}{3000 \text{k}} = 10000 \text{\AA}$$

محاولات تفسير ظاهرة إشعاع الجسم الأسود

1- من ناحية الفيزياء الكلاسيكية

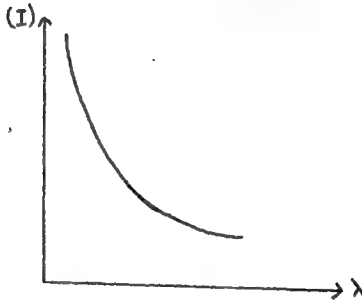
من هذه الناحية قامت بتعريف العلاقة التالية المسماة بقانون ري ليه جينز

$$I = \frac{2\pi K T}{\lambda^4}$$

ثابت بولتزمان $K \equiv$

$I \equiv$ القدرة لكل وحدة مساحة

ولو رسمنا رسماً بيانياً للعلاقة السابقة بين (I) و (λ)

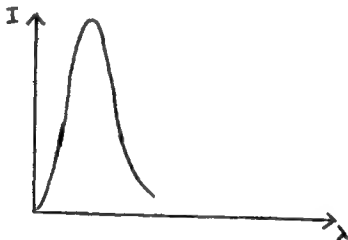


نلاحظ أن الرسم والعلاقة لا تتفق مع النتائج التجريبية .

* في النموذج الكلاسيكي لتفسير إشعاع الجسم الأسود، فإن اللوات في حائط التجويف تعامل كمجموعة من المتذبذبات تشع أمواجاً كهرومغناطيسية عند جميع الأطوال الموجية .

2- من ناحية الفيزياء الحديثة

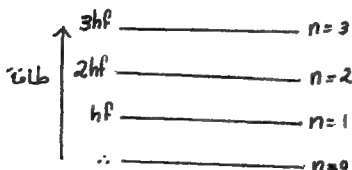
العالم بلانك افترض علاقة لإشعاع الجسم الأسود والتي توافقت بشكل كامل مع النتائج التجريبية عند جميع الأطوال الموجية . هي ما بين λ وشدة الضوء . ونعج الرسم التالي:



وقد افترض بلانك ما يلي:-

أ - الإشعاع الضوئي ناتج عن اهتزاز جزيئات الجسم المشع وتهتز بتردد معين يساوي تردد الإشعاع الناتج .

ب- الجزيئات المهتزة التي تصدر الإشعاع تمتلك كميات محددة من الطاقة $(E_n = nhf)$ حيث n عدد صحيح وهو العدد الكمي الرئيسي وبالتالي فطاقة الجزيئات المهتزة كمكعبة ، أي أن مستويات الطاقة المسموح بها تشكل سلماً منتظماً متساوي الدرجات .



ج- لا يشع الجزيء المهتز طاقة مادام في أحد مستويات الطاقة وإن الجزيئات تنص أو تشع طاقة بشكل منفصل وليس بشكل متصل عندما ينتقل من مستوى إلى مستوى آخر. فإذا تغيرت (n) بمقدار (1) فإن الطاقة المنبعثة بين أي مستويين متتاليين ($E=hf$)

وقد فسر بلانك إشعاع الجسم بأن الإشعاع ينبعث من الجسم الساخن نتيجة لاهتزاز جزيئاته وذراته، وأن هذه الجزيئات أو الذرات لا تشع إشعاعا متصلا بل تشع كميات محددة من الطاقة يعتمد مقدارها على تردد الجزيء أو الذرة.

وعند درجة حرارة معينة لا تهتز الذرات أو الجزيئات بتردد واحد وإنما بترددات مختلفة وفق توزيع يمثل جميع الترددات. لذلك لا توجد ذرات كثيرة تهتز بترددات عالية لبعث موجات قصيرة وهذا ما يفسر نقصان الطاقة في الجزء الأيسر من منحنى إشعاع الجسم الأسود أما الجزيئات ذات الترددات المتوسطة يكون عددها أكبر وهذا ما يفسر ارتفاع شدة الطاقة عند هذه الترددات.

مثال :- ما هي الطاقة المحمولة مع فوتون ضوئي تردده (6×10^{14} Hz) وما هو طول الموجة .

الحل:-

$$\begin{aligned} E &= hf \\ &= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J.S}) (6.0 \times 10^{14} \text{ Hz}) \\ &= 3.98 \times 10^{-19} \text{ J} \\ C &= \lambda f \\ \lambda &= \frac{c}{f} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6 \times 10^{14} \text{ 1/s}} \\ &= 500 \times 10^{-9} \text{ m} \\ &= 500 \text{ nm.}\end{aligned}$$

مثال: - أمواج FM لها قدرة (150KW)، وتعمل على تردد (99.7MHZ). كم عدد الفوتونات بالثانية التي يبثها المرسل.

الحل:-

الطاقة الكلية للفوتونات بالثانية هي

$$\begin{aligned}E &= 150 \times 10^3 \text{ W} \\ &= 150 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}}\end{aligned}$$

طاقة الفوتون الواحد هي :

$$\begin{aligned}E &= hf \\ &= (6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}) 99.7 \times 10^6 \left(\frac{1}{\text{s}}\right) \\ &= 6.6 \times 10^{-26} \text{ J.}\end{aligned}$$

الطاقة الكلية للفوتونات في الثانية

$$\text{عدد الفوتونات في الثانية} = \frac{\text{الطاقة الكلية للفوتونات في الثانية}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}}$$

$$\begin{aligned}&= \frac{150 \times 10^3 \text{ J/s}}{6.6 \times 10^{-26} \text{ J}} \\ &= 2.27 \times 10^{30} \frac{\text{photon}}{\text{s}}\end{aligned}$$

مثال : فلم تنجستن سخن إلى درجة حرارة 800°C ما هو طول الموجة للطاقة الاشعاعية الأشد.

$$\lambda_{\max} = ? \quad T = 800 \text{ Co}$$

$$= 800 + 273 \text{ K}$$

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0.2898 \times 10^{-2} \text{ m.k}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{0.289 \times 10^{-2} \text{ m.k}}{1073 \text{ K}}$$

$$= 2.69 \times 10^{-6} \text{ m.}$$

مثال 2: - جسم كروي الشكل نصف قطره (5cm) سخن لدرجة حرارة (327 °C) أوجد القدرة المنبعثة الكلية، وأوجد λ التي تحدث عندها أعظم انبعاثية .
إذا علمت أن ثابت واين تساوي $(0.289 \times 10^{-2} \text{ m.k})$

$$T = 327^\circ\text{C} \quad r = 5\text{cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$= 327 + 273 = 600 \text{ K}$$

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

$$\varepsilon = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} (600 \text{ K})^4$$

$$\varepsilon = 7348.32 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

القدرة المنبعثة الكلية $p =$

$$P = \varepsilon A$$

$$A = 4 \pi r^2$$

$$= 4 \times 3.14 \times (5 \times 10^{-2} \text{ m})^2$$

$$= 0.0314 \text{ m}^2$$

$$p = 7348.32 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} \times 0.0314 \text{ m}^2$$

$$p = 230.74 \text{ watt}$$

لإيجاد λ_{\max}

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0.289 \times 10^{-2} \text{ m.k}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{0.289 \times 10^{-2} \text{ m.k}}{600 \text{ k}}$$

$$\lambda_{\max} = 4.817 \times 10^{-6} \text{ m}$$

مثال : إذا كان معدل طاقة الشمس $4.2 \times 10^6 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$ فأوجد درجة حرارتها.

الحل :-

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

$$T^4 = \frac{\varepsilon}{\sigma}$$

$$T = \left(\frac{\varepsilon}{\sigma} \right)^{1/4}$$

$$= \left(\frac{64.2 \times 10^5}{5.67 \times 10^{-8}} \right)^{1/4}$$

$$= 5800 \text{ k}$$

مثال: إذا كان معدل الطاقة الواصلة للأرض من الشمس $1400 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$ ، وكان

نصف قطر فلك الأرض $(1.49 \times 10^{11} \text{ m})$ ، ونصف قطر الشمس $(6.96 \times 10^8 \text{ m})$

وعلى فرض أن الشمس تشع كجسم أسود. احسب معدل الطاقة عند سطح الشمس.

$$R = \text{نصف قطر تلك الأرض}$$

$$r = \text{نصف قطر الشمس}$$

$$1400 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} = \text{ومعدل الطاقة المنبعثة من الشمس والواصلة للأرض}$$

القدرة الكلية الواصلة للأرض = معدل الطاقة المنبعثة من الشمس والواصلة للأرض \times مساحة الكرة التي نصف قطرها R

$$4 \pi R^2 \times 1400 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} =$$

$$4 \times 3.14 \times (1.49 \times 10^{11} \text{m})^2 \times 1400 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} =$$

$$3.9038 \times 10^{26} \text{ watt} =$$

القدرة الكلية عند سطح الشمس = القدرة الكلية الخارجة من الشمس والواصلة للأرض .

معدل الطاقة التي عند سطح الشمس \times مساحة سطح الشمس = $3.9038 \times 10^{26} \text{ watt}$

$$3.9038 \times 10^{26} \text{ watt}$$

معدل الطاقة التي عند سطح الشمس =
مساحة سطح الشمس

$$= \frac{3.908 \times 10^{26} \text{ watt}}{4 \pi r^2}$$

$$65 \times 106 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} = \frac{3.938 \times 10^{26} \text{ watt}}{4 \times 3.14 \times (6.9 \times 10^8 \text{m})^2} =$$

ثالثاً : - الامتصاص والنفاذية

الامتصاص: - هو ضعف شدة الضوء النافذة من خلال وسط بصري

I_0 :- شدة الضوء الأصلية .

I : شدة الضوء النافذة .

Δx :- سمك الوسط البصري

النفاذية \equiv Transmission

يرمز بالرمز T وهي النسبة بين الأشعة النافذة إلى الأشعة الساقطة .

$$T = \frac{\emptyset}{\emptyset_0}$$

حيث \emptyset :- الأشعة النافذة .

\emptyset_0 :- الأشعة الساقطة .

الامتصاصية \equiv Absorption

يرمز لها بالرمز a وهي لوغريتم مقلوب النفاذية للأساس 10 .

$$a = \text{Log}_{10} \frac{1}{T}$$

* قوانين الامتصاص

1- قانون بوجير

$$\Delta I = - I \Delta x$$

$$\Delta I = - \propto I \Delta x$$

Δx صغيرة وعندئذ نأخذها ΔI صغيرة ونأخذها DI

$$\frac{\Delta I}{I} = \alpha \Delta x$$

$$\frac{dI}{I} = -\alpha dx$$

$$\int_{I_0}^I \frac{I}{I_0} = -\alpha x$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\alpha x} \Rightarrow I = I_0 e^{-\alpha x}$$

2- قانون بير

قانون بوجير لا يحتوي على كمية فيزيائية تصف تركيز الوسط لذلك قام بير بإجراء تعديل على النحو

$$I = I_0 e^{-\epsilon C l}$$

حيث ϵ معامل الامتصاص لكل وحدة تركيز .

C تركيز المادة بالمول / لتر باغرام.

أمثلة :-

1- إذا نفذ 20% من الضوء الساقط في خلال عينة أوجد الامتصاصية

$$a = \log \frac{1}{T} \quad T = 20\% = 0.20$$

$$a = \log \frac{1}{0.2} \log 5 = 0.699$$

(2) معامل امتصاص نوع من الزجاج هو 0.05 mm^{-1}

ما نسبة الضوء النافذ إلى الضوء الساقط إذا كان سمك لوح الزجاج 4mm .

$$\alpha = 0.05 \text{ mm}^{-1} = 0.05 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$x = 4\text{mm} \quad \frac{I}{I_o} = \text{المطلوب}$$

$$I = I_o e^{-\alpha x}$$

$$\frac{I}{I_o} = e^{-\alpha x} \Rightarrow \frac{I}{I_o} = e^{-\frac{0.05}{\text{mm}} \cdot 4\text{mm}}$$

$$\frac{I}{I_o} = e^{-0.2} = 0.819$$

(3) إذا كانت شدة الضوء الساقط هي 100cd وكان شدة الضوء النافذ 50cd وكانت معامل امتصاص الزجاج هو 0.05mm^{-1} احسب سمك لوح الزجاج.

$$\alpha = 0.05 \text{ mm}^{-1} = 0.05 \frac{1}{\text{mm}}$$

$$x = 4\text{mm} \quad \frac{I}{I_o} = \text{المطلوب}$$

$$I = I_o e^{-\alpha x}$$

$$\frac{I}{I_o} = e^{-\alpha x} \Rightarrow \frac{I}{I_o} =$$

$$\frac{50}{100} = e^{-\alpha x} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\alpha x}$$

$$\text{Ln } \frac{1}{2} = \text{Ln } e^{-\alpha x}$$

$$\text{Ln } \frac{1}{2} = -\alpha x \text{ Lne}$$

$$\text{Ln } \frac{1}{2} = -\alpha x$$

$$x = \frac{\text{Ln} 1/2}{-\alpha} = \frac{-0.69}{-0.05 \frac{1}{\text{mm}}} = 1.38\text{mm}$$

ملحق رياضي

$$c = \text{Log}_{10} A \Rightarrow 10^c = A$$

$$\text{Log}_{10} x \times y = \text{Log}_{10} x + \text{Log}_{10} y$$

$$\text{Log}_{10} \frac{x}{y} = \text{Log}_{10} x - \text{Log}_{10} y$$

$$\text{Log}_{10} \frac{1}{y} = - \text{Log} y \quad \text{Log}_{10} x^y = y \text{Log}_{10} x$$

$$\text{Log}_{10} 1 = 0 \quad \text{Log}_{10} 10 = 1$$

العدد النيبيري $e = 2.7$ الوغريتم الطبيعي $\text{Log}_e (x) = \text{Ln} (x)$

$$\text{Ln} 1 = 0$$

$$\text{Ln} e = 1$$

$$\text{Ln} x \times oy = \text{Ln} x + \text{Ln} y \quad \text{Ln} \left(\frac{x}{y} \right) = \text{Ln} x - \text{Ln} y$$

$$\text{ln} x^y = y \text{Ln} x$$

$$\text{Ln} x = \int \frac{dx}{x}$$

$$(\text{Ln} x)^i = \frac{1}{x}$$

رابعاً : الألوان

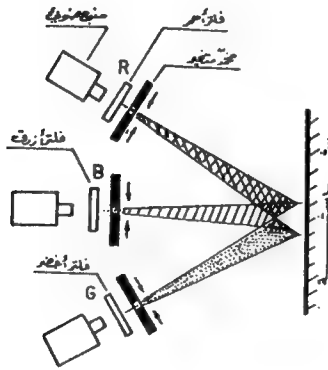
(1) مقدمة

إن الألوان المحصورة ضمن المجال المرئي تتغير بتغير طول الموجة الكهرومغناطيسية . ويقابل كل لون منها طول موجة معيناً ضمن المجال المرئي ولا يوجد حدود واضحة بين الألوان .

اللون	طول الموجة
البنفسجي	380 - 450 nm
الأزرق	450- 482 nm
أزرق مخضر	482 - 497 nm
الأخضر	497 - 530 nm
أخضر مصفر	530 - 575 nm
أصفر	575 - 580 nm
برتقالي مصفر	580 - 585 nm
برتقالي	585 - 595 nm
برتقالي مائل إلى الأحمر	595 - 620 nm
أحمر	620 - 780 nm

الضوء القادم من الشمس هو ضوء أبيض ويمكن تحليله إلى الألوان الطيف بواسطة منشور (انظر الشكل) أي أن هذه الألوان هي مركبات اللون الأبيض .

بواسطة هذه التجربة نحصل على عدد لا نهائي من الألوان الجديدة وذلك بمزج الألوان الرئيسية الثلاثة بنسب مختلفة. والتحكم بنسب المزج يتم باستخدام المخمدات التي تضبط كميات الضوء المنطلقة من المصادر حسب الطلب انظر الشكل.



فلو مزجنا :

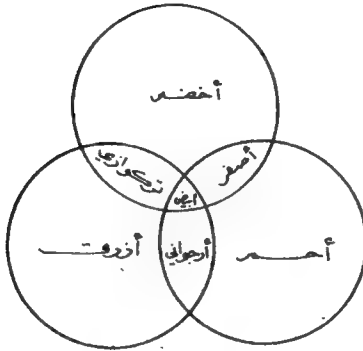
أحمر + أزرق = أرجواني

أخضر + أحمر = أصفر

أخضر + أزرق = تركوازي

وتستخدم هذه الطريقة في التلفاز الملون

انظر الشكل



كذلك هناك ما يسمى بالطريقة الطرحية للألوان .

فلو وضعنا أمام الفلتر الأصفر فسوف يمر اللونين الأخضر والأحمر ثم لو وضعنا أمام الفلتر الأصفر فلتر تركوازي فسوف يمر اللون الأخضر فقط ثم لو وضعنا أمام الفلتر التركوازي فلتر أرجواني فسوف لا يمر أي شيء ونحصل على سواد



وتستخدم هذه الطريقة في خلط الدهان

(3) الخواص الأساسية للميزة للون.

أ - صبغة اللون (Hue) : تتعلق بطول الموجة اللون في الطيف الضوئي وتقرر نوع اللون .

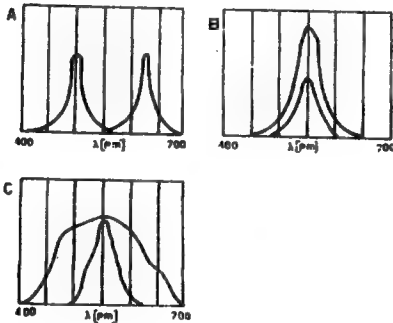
ب- درجة الإشباع (Saturation) : تتعلق بنسبة البياض الممزوج باللون النقي وبالتالي بكمية الطيف الكامل لهذا اللون.

ج- السطوع (brightness) : تتعلق بالاستضاءة أي شدة الضوء لوحدة المساحة.
انظر الأشكال

الشكل الأول يمثل لونين لكل منهما صبغة مختلفة عن الأخرى .

الشكل الثاني يمثل لونين هما نفس الصبغة ويختلفان في درجة السطوع.

الشكل الثالث يمثل لونين هما نفس لصبغة ودرجة السطوع ولكن أحدهما أكثر إشباعاً من الآخر.



(4) فيسيولوجية رؤية الألوان.

يسبب الضوء الساقط على شبكة الجدار الداخلي للعين تغيرات كيميائية وكهربائية.

تحتوي الشبكة على خلايا عصبية هي مخاريط وعصيات ... فالمخاريط تتحسس بالألوان أما العصيات تتحسس بشدة الضوء فقط.

لو رمزنا لشدة اللون الأخضر ب (G) والأحمر (R) والأزرق ب (B) وعند تأثر هذه الألوان على العصيات بشدة الضوء لا تكون

$$1R + 1G + 1B$$

ولكن

$$0.3R + 0.58G + 0.11B.$$

ويمكن تقسيم المخاريط لثلاثة مجموعات، مجموعة تتحسس اللون الأحمر وأخرى اللون الأزرق والأخرى اللون الأخضر.

ويستطيع الدماغ تركيب كافة الألوان بمزج نسب معينة من الألوان الأساسية الثلاثة التي تحسست بها مخاريط العين .

(5) ثنائية الألوان وثلاثية الألوان

إذا استخدم لونين أساسيين لتركيب بقية الألوان فإن هذا يدعى بمبدأ ثنائية الألوان، فمثلا لو تم اختيار اللون الأخضر المصفر كلون أساسي وجب اختيار اللون الأساسي الثاني ليطممه للون الرمادي وهذا اللون هو الأزرق المائل البنفسجي.

هنا لا نحصل على ألوان ذات درجات عالية من النقاوة.

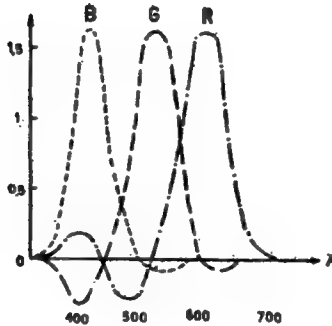
لذلك تم استخدام الطريقة ثلاثية الألوان لأنها تعطي دقة أكثر.

والألوان الأساسية ليست صافية تماماً أي أنها ليست ذات طول موجي واحد.

وللحصول على بعض الألوان لا بد من جمع لونين من الألوان الأساسية وطرح

نسبة معينة من اللون الثالث منها (انظر الشكل) حيث نرى أن بعض الألوان

الأساسية تمر بقيمة سالبة لها عند بعض أطوال الأمواج .



فمثلاً على لون طول موجة 500nm نجمع نسبة معينة من اللون الأزرق مع نسبة

أكبر من اللون الأخضر ونطرح منها نسبة معينة من اللون الأحمر.

(6) التمثيل الرياضي للألوان .

أثبت غراسمان أنه للحصول على لون يجب أن نخرج نسب معينة من ثلاثة مصادر ضوئية ذات ألوان مختلفة تختار بأشكال مناسبة .

فمثلاً لنحصل على اللون الأبيض نخرج نسب متساوية من الألوان الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق.

ولو رمزنا للضوء الأبيض بالرمز (W) كان لدينا

$$W = 1(R) + 1(G) + 1(B)$$

ولو أردنا الحصول على لون آخر مثل (C₁) نغير نسبة الألوان الممزوجة بتغير المخمرات الموجودة حسب ماذكر سابقاً ونحصل على

$$C_1 = R_1(R) + G_1(G) + B_1(B)$$

حيث R₁, G₁, B₁ هي نسبة المزج من كل من الألوان الثلاثة

ولو أردنا أن نحصل على لون آخر (C₂) مثلاً نغير نسب المزج

$$C_2 = R_2(R) + G_2(G) + B_2(B)$$

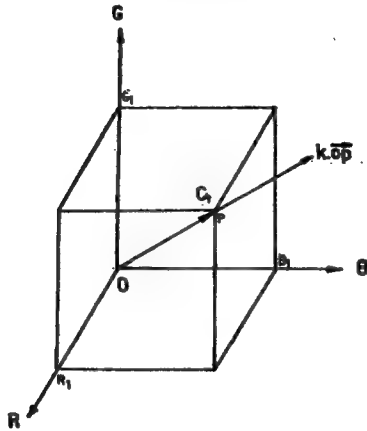
وبحسب قوانين غراسمان وللحصول على لون يكافئ جمع C₁, C₂ فإننا نجمع نسب اللونين بالشكل التالي

$$C_1 + C_2 = (R_1 + R_2) R + (G_1 + G_2) G + (B_1 + B_2) B$$

(7) تمثيل الألوان في فراغ وفي مستوى

نقدر تمثيل الألوان في فراغ باختيار ثلاثة احداثيات هي B, G, R ومحاور

$\vec{OG}, \vec{OB}, \vec{OR}$ انظر الشكل



إن النقطة C_1 تمثل لوناً معيناً وهي مجموعة الأشعة $\vec{G} + \vec{B} + \vec{R}$ ولكن النقطة أ تمثل نفس لون C_1 ولكن بشدة أضعف.

هذا ويمكن أن تمثل الألوان في مستوى إذا اسقطنا الشعاع OC_1 على المحاور الثلاثة $\vec{OG}, \vec{OB}, \vec{OR}$ وتناسب جيوب التمام للمساقط مع الكميات .

$$r_1 = \frac{R_1}{R_1 + G_1 + B_1}$$

$$g_1 = \frac{G_1}{R_1 + G_1 + B_1}$$

$$b_1 = \frac{B_1}{R_1 + G_1 + B_1}$$

إن r, g, b الاحداثيات المعلقة المستعملة لتمثيل الألوان في مستوى .

مثال:

الضوء الأبيض

$$R = B = B = 1$$

وبالتعويض في المعادلات السابقة ينتج

$$r = g = b = \frac{1}{3}$$

ملاحظة : - يكون مجموع

$$r_1 + g_1 + b_1 = 1$$

ومن هذه القاعدة لا تمثل الألوان في ثلاثة احداثيات معطلة هي r, g, b ونكتفي في تمثيل الألوان باحداثيين هما (g) و (r) في المستوى (og) و (or) ومن ثم نحصل على (b) بتطبيق المعادلة

$$b = 1 - (r + g)$$

ومن هنا وبتطبيق ما سبق

$$W \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right)$$

اللون الأحمر يكون فيه

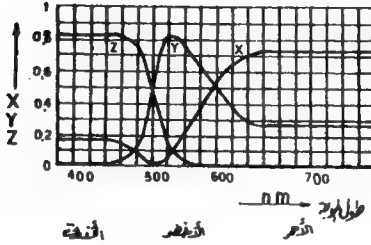
$$r = 1, g = 0, b = 0$$

فيمثل بالنقطة $(1,0)$

ومنه اللون الأخضر يمثل بالنقطة $(0,1)$

أما اللون الأزرق فيمثل بالنقطة $(0,0)$

انظر الشكل



ونمثل الألوان بالوسطاء (X, Y, Z)

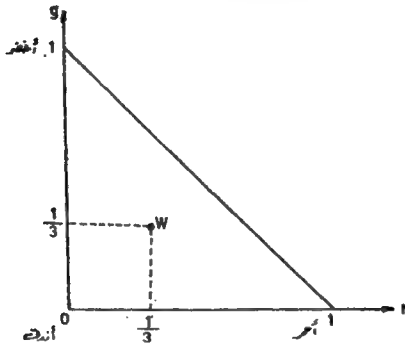
لقد رأينا سابقاً أن هناك ألوان ينتج فيها مركبات سالبة لذلك استبدلت المقادير bgr بدلالات هندسية هي X, Y, Z وبدلاً من الإحداثيات BGR. استبدلت بإحداثيات X, Y, Z مع مراعاة أن أي لون يمكن تمثيله في الربع الأول من اللون

الأبيض يوافق $X = \frac{1}{3}$ ، $y = \frac{1}{3}$ ، وكذلك

$$x = \frac{x}{x+y+z}$$

$$y = \frac{y}{x+y+z}$$

$$z = 1 - x - y$$

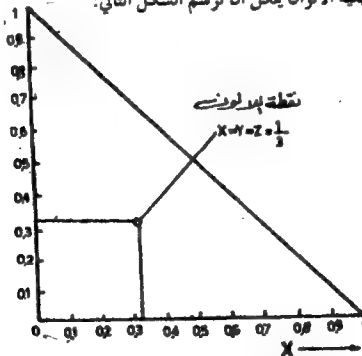


انظر الشكل السابق

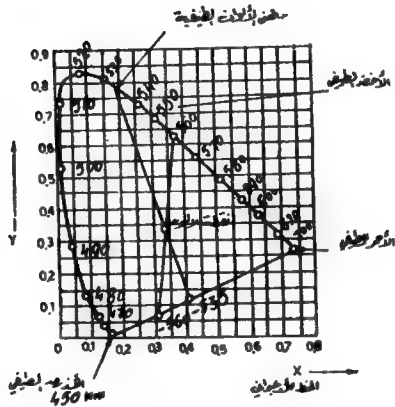
مثال : اللون الأحمر الذي له طول موجي $\lambda = 680\text{nm}$ قابل

$$x = 0.73 \quad y = 0.27 \quad Z = 0$$

ومعرفة القيم لتبعية الألوان يمكن أن نرسم الشكل التالي:



ولكن هناك منحنى آخر يسمى منحنى اللونية والذي يحتوي كافة الألوان الحقيقية أي تلك الألوان التي تميزها وتحسبها العين. وهو منحنى يمثل الألوان ويعطي درجات اشباعها.



إن النقاط الواقعة خارج منحنى الألوان وضمن المثلث ليست ألوان حقيقية وإنما نظرية تسمى بالألوان الوهمية .

الوحدة الرابعة

الظاهرة الضوئية

الوحدة الرابعة : الظاهرة الضوئية

أولا : - الظاهرة الكهروضوئية

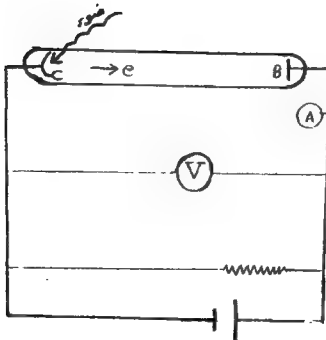
* تعريف الظاهرة :-

لقد أثبت التجارب أنه عندما يسقط ضوء على سطح معدني فإن الكروونات تنبعث من هذا السطح، وتدعى هذه الظاهرة بالظاهرة الكهروضوئية، والالكروونات المنبعثة تسمى بالالكروونات الضوئية .

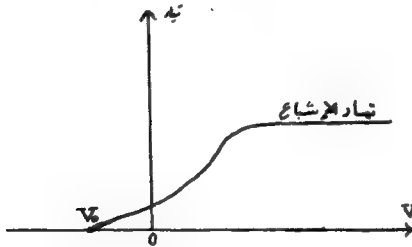
* مكتشف الظاهرة .

هو العالم هيرتز .

* تصميم تجربة تشرح الظاهرة وأثرها.



- (1) نلاحظ في الشكل (1) الأدوات التي يمكن من خلالها تصميم تجربة نلاحظ من خلالها أثر الظاهرة الكهروضوئية .
- (2) تتكون التجربة ببساطة من أنبوب (من الزجاج أو الكوارتز) مفرغ من الهواء داخل الأنبوب يوجد سطح معدني (C) سالب ومربوط بالقطب السالب . وكذلك سطح معدني موجب (B) ومربوط بالقطب الموجب .
- (3) عندما يسقط ضوء أحادي اللون (ذو طول موجي واحد) على السطح المعدني (C) السالب تنبعث بعض الإلكترونات من السطح وتشكل هذه الإلكترونات تياراً يمكن قياسه بواسطة الأميتر (A) . وهذه الإلكترونات سوف تتجمع على السطح المعدني الموجب (B)



- (4) نلاحظ أن رسمنا العلاقة ما بين التيار وفرق الجهد بين (C,B) موضحة في الشكل (2) .
- (5) والآن لو عكسنا البطارية أي جعلنا (C) موجبة و (B) سالبة ويصبح الجهد V

سالب فعندها الالكترونات الضوئية الخارجة من (C) سوف تتنافر مع الصفيحة السالبة (B). ولكن هناك الالكترونات طاقتها الحركية عالية جدا بحيث أنها تستطيع أن تغلب على قوة التنافر للقطب السالب (B). وبالتالي تصل هذه الصفيحة السالبة (B).

6) نستمر في زيادة الجهد السالب، وكلما زدنا الجهد السالب تقلّ الالكترونات الواصلة للصفيحة (B).... ونستمر في ذلك إلى أن يقل التيار إلى أقل قيمة وتصل قيمته إلى صفر.

يسمى الجهد عند هذه اللحظة بـ (جهد القطع أو جهد الإيقاف Stopping voltage) ويرمز له بالرمز V_0 كما نلاحظ في الشكل (2).

7) يمكن تعريف جهد القطع بأنه (الجهد اللازم لإيقاف أكثر الالكترونات الضوئية طاقة) وهو في هذه الحالة مقياس لطاقة حركة أسرع الالكترونات المنبعثة من المعدن.

حيث :

$$T_{max} = e V_0 \dots\dots\dots(1)$$

V_0 جهد القطع .

$T_{max} \equiv$ أعظم طاقة حركة للالكترون (طاقة اسرع الالكترونات)

$e =$ شحنة الالكترون

لكننا نعلم أن الطاقة الحركية لأي جسم هي

$$T = \frac{1}{2} m v^2 \text{ ومنها}$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2} m V_{\max}^2 \dots\dots\dots(2)$$

m = كتلة الإلكترون وتساوي $(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})$

**** بعض تأثير هذه الظاهرة لا نستطيع أن نشرحه من خلال الفيزياء الكلاسيكية أو من خلال النظرية الموجية ، ومن هذه المظاهر التي لم نستطع فهمها:-

(1) لا تنبعث الإلكترونات إذا كان تردد الضوء الساقط هو تحت ما يسمى ب تردد العتبة f_c (cut off frequency) ، وهي خاصية للمادة .

وهذا يتناقض مع النظرية الموجية لأنها تتنبأ بأن الظاهرة الكهروضوئية تحدث عند أي تردد، وذلك إذا كانت شدة الضوء مناسبة.

(2) إذا تجاوز تردد الضوء تردد العتبة، فإن الظاهرة الكهروضوئية تحدث، على أي حال فإن أعظم طاقة حركية للإلكترونات الضوئية لا يعتمد على شدة الضوء، وهذه حقيقة لا يمكن شرحها من خلال الفيزياء الكلاسيكية.

(3) أعظم طاقة حركية للإلكترونات الضوئية ، تزداد بازدياد الضوء.

(4) الإلكترونات تشع من السطح تقريبا بصورة لحظية بعد سقوط الضوء عليه حتى ولو كانت شدة الضوء الساقط قليلة، ولكن كلاسيكيا فإن الواحد يتوقع أن الإلكترونات سوف تأخذ بعض الوقت لتمتص الشعاع الساقط قبل أن تحصل على طاقة حركية كافية لتخرج من المعدن.

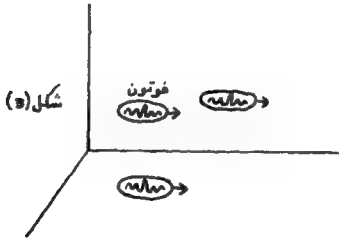
**** التوضيح الناجح للظاهرة الكهروضوئية كان بواسطة العالم أينشتاين عام 1905 حيث عمل على مفهوم بلانك في تكسيم الإشعاع الكهرومغناطيسية، وافترض أينشتاين أن الضوء (أو الأمواج الكهرومغناطيسية) ذات التردد (f)

يمكن اعتبارها بأنها عبارة عن سيل من الفوتونات، وكل فوتون له طاقة مقدارها.

$$E = hf \dots\dots\dots(3)$$

حيث h هو ثابت بلانك.

وقد اقترح آينشتاين بأن الضوء يتركز في مناطق منفصلة تسمى كمات أو فوتونات... والصورة الافتراضية للفوتون هي كما في الشكل (3).



واقترح آينشتاين البسيط للظاهرة الكهروضوئية بأن الفوتون يعطي كل طاقة (hf) إلى الكرون مفرد في المعدن... فيتحرر الالكرون من سطح المعدن بأقصى طاقة حركية هي (T_{max}) ...

وبالنسبة لآينشتاين فإن أقصى طاقة حركية للالكرونات ليتحرر هي :-

$$T_{max} = hf - \phi \dots\dots\dots(4)$$

حيث :

ϕ - تسمى دالة الشغل للمعدن وهي تمثل أقل طاقة ممكنة للإبقاء على الالكرون مرتبطاً بالمعدن .

*** بالنظرية الكمية للضوء (نصور الضوء على شكل فوتونات) يمكن توضيح

بعض مظاهر الكهروضوئية والتي لم تستطيع الفيزياء الكلاسيكية شرحها:-

(1) فالحقيقة القائلة بأن الظاهرة الكهروضوئية لا نستطيع ملاحظتها تحت تردد العتبة يأتي من خلال حقيقة أن طاقة الفوتون يجب أن تكون أكبر أو تساوي ϕ . وإذا كانت طاقة الفوتون الساقطة لا تساوي ϕ أو ليس أكبر من ϕ ، فإن الإلكترون سوف يتحرر من السطح بغض النظر عن شدة الضوء .

(2) الحقيقة القائلة بأن T_{max} لا تعتمد على شدة الضوء يمكن فهمها بواسطة مايلي:-

إذا تضاعفت شدة الضوء فإن عدد الفوتونات يتضاعف، وهذا يضاعف عدد الإلكترونات الضوئية المتحررة.

وعلى أي حال فإن $(T_{max} = hf - \phi)$ تعتمد فقط على تردد الضوء ودالة الشغل (work function)، وليس على شدة الضوء .

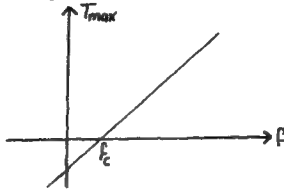
(3) الحقيقة القائلة بأن T_{max} تزيد بزيادة التردد يمكن من السهل فهمها من خلال المعادلة:-

$$T_{max} = hf - \phi$$

(4) أخيرا فحقيقة أن الإلكترونات تنبعث بصورة لحظية يمكن أن تتطابق مع النموذج الجسيمي للضوء حيث الطاقة الساقطة تظهر في حزم صغيرة، ويوجد تفاعل لكل فوتون مع الكترونات واحدة. وهذا بالمقابل يمكن من طاقة الفوتونات للترزع بصورة منتظمة على مساحة واسعة.

*** وأخيرا فإن نظرية أينشتاين تنبأت بالعلاقة الخطية بين (f) و (T_{max}) وحقيقة

فقد لوحظت هذه الخطية كما تبدو مرسومة في الشكل (4)



وميل هذا المنحنى يعطي قيمة ل (h) وتقاطعه مع محور السينات يعطي (f_c) والتي تربطها علاقة مع دالة الشغل

$$f_c = \frac{\phi}{h}$$

ومنه يمكن إيجاد استنتاج علاقة طول موجة العتبة cut off wavelength ونسميها λ_c حيث :-

$$\lambda_c = \frac{c}{f_c}$$

$$\lambda_c = \frac{c}{\phi/h} = \frac{hc}{\phi}$$

****استعمالات التأثير الكهروضوئي: -



تستعمل ظاهرة التأثير الكهروضوئي في عدة تطبيقات عملية (كالأجهزة الالكترونية الحاسة لقياس الضوء، المضاعفات الضوئية، وكاميرات التلفاز)

فمثلا تسقط على مهبط في أنبوب ضوئي فينتج الكزونات ضوئية تعطي طاقتها للمصعد الأول وتنتج الكزونات بعدد مضاعف ثم تسقط على المصعد الآخر وتتضاعف وهكذا وفي النهاية نحصل على عدد ضخم من الالكزونات يمكن قياسه بسهولة بواسطة عدد الكروني .

مثال (1) :-

دالة الشغل للخارصين هي $(6.8 \times 10^{-19} \text{ J})$ ، ما هو تردد العتبة للالكزونات الضوئية الخارجة من الخارصين ؟

الحل :

$$\phi = 6.8 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\phi = h f_c$$

$$f_c = \frac{\phi}{h}$$

$$f_c = \frac{6.8 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}} = 1 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

مثال (2) :

سطح صوديوم معرض لضوء $(\lambda = 300 \text{ nm})$ ، وكانت ϕ للصوديوم تساوي 2.46 V اوجد:-

(1) طاقة حركة الالكزونات الضوئية المنبعثة بالالكزون فولت.

(2) أوجد λ_c للصوديوم

(3) احسب أقصى سرعة للالكزونات الضوئية على الشروط السابقة .

الحل : -

(1

$$E = hf$$

$$= \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{300 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 6.3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ولتحويلها إلى الكترونات فولت نقسم على 1.6×10^{-19}

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J/ev}}$$

$$E = 4.14 \text{ eV}$$

(2

$$\phi = 2.46 \text{ eV}$$

$$= 3.94 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda c = \frac{hc}{\phi}$$

$$= \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{3.94 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 5.05 \times 10^{-7} \text{ m}$$

(3

$$T_{\max} = hf - \phi$$

$$= 6.63 \times 10^{-19} \text{ J} - 3.94 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.69 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$

$$2.69 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.108 \times 10^{-31} \text{ kg} \times v_{\text{max}}^2$$

$$v_{\text{max}}^2 = 5.91 \times 10^{11}$$

$$V_{\text{max}} = 7.688 \times 10^5 \text{ m/s}$$

مثال (3) :-

عندما يسقط ($\lambda = 500 \text{ nm}$) على معدن السيزيوم فتكون أعظم طاقة حركية للإلكترونات المتحررة هي (0.57 eV) أوجد

أ - دالة الشغل للسيزيوم.

ب- جهد القطع إذا كان الضوء الساقط له $\lambda = 600 \text{ nm}$

الحل :-

أ -

$$T_{\text{max}} = hf - \phi$$

$$\phi = hf - T_{\text{max}}$$

$$T_{\text{max}} = 0.57 \text{ eV} = 0.57 \times 106 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 9.12 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{600 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$hf = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ب-

$$eV_0 = T_{\text{max}}$$

$$V_0 = \frac{T_{\text{max}}}{e} = \frac{T_{\text{max}}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

نريد T_{max}

$$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$T_{\text{max}} = hf - \phi$$

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s})}{500 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 3.978 \times 10^{-19}$$

$$\phi = 2.403 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$T_{\text{max}} = 3.978 \times 10^{-19} - 2.403 \times 10^{-19}$$

$$= 1.575 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$V_0 = \frac{T_{\text{max}}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

T_{max} نريد

$$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$T_{\text{max}} = hf - \phi$$

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s})}{500 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 3.978 \times 10^{-19}$$

$$\phi = 2.403 \times 10^{-19} \text{ J من الفرع السابق}$$

$$T_{\text{max}} = 3.972 \times 10^{-19} - 2.403 \times 10^{-19}$$

$$= 1.575 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$V_0 = \frac{T_{\text{max}}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = \frac{1.57 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 0.9843$$

مثال (4) : - اعتبر المعادن التالية

$$\phi = 2.3 \text{ eV} \leftarrow \text{ليثيوم}$$

$$\phi = 3.9 \text{ eV} \leftarrow \text{بيريليوم}$$

$$\phi = 4.5 \text{ eV} \leftarrow \text{زنبق}$$

وسقط ضوء بطول موجة (400 nm) على المعادن، أيها يحصل عنده الظاهرة الكهروضوئية .

الحل : الضوء له تردد يساوي

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{400 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 7.5 \times 10^{14} \text{ HZ}$$

الليثيوم ←

$$\phi = hfc$$

$$f_{c2} = \frac{\phi_1}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}$$

$$= 5.55 \times 10^{14} \text{ HZ}$$

الليثيوم ←

$$\phi = hfc$$

$$f_{c3} = \frac{\phi_2}{h} = \frac{3.9 \times 1.6 \times 10^{19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}$$

$$= 9.41 \times 10^{14} \text{ HZ}$$

الزنق ←

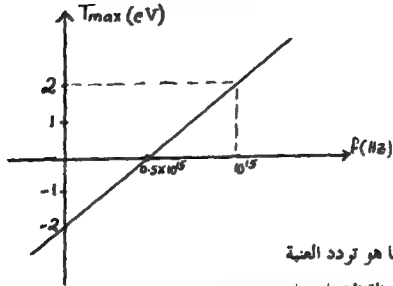
$$f_{c1} = \frac{\phi_3}{h} = \frac{4.5 \times 1.6 \times 10^{19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}$$

$$= 1.08 \times 10^{15} \text{ HZ}$$

إذا العنصر الذي تحصل له ظاهرة كهروضوئية هو الليثيوم.

مثال (5) :

من الرسم ، أجب على



أ - ما هو تردد العتبة

ب - دالة الشغل

ج - التردد إذا كانت طاقة الحركة 1eV

د - الطاقة وجهد القطع عندما $f = 1 \times 10^{15} \text{ HZ}$

الحل :

$$f - f_c = 0.5 \times 10^{15} \text{ HZ}$$

$$\phi = h f_c$$

$$\phi = (6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}) \left(0.5 \times 10^{15} \frac{1}{\text{s}} \right)$$

$$\phi = 3.315 \times 10^{-19}$$

ج- التردد يساوي $0.75 \times 10^{15} \text{ HZ}$

د- عندما $f = 1 \times 10^{15} \text{ HZ}$

$$T_{\text{max}} = 2\text{eV} \text{ فإن}$$

$$= 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$T_{\text{max}} = eV_0$$

$$V_0 = \frac{T_{\text{max}}}{e}$$

$$V_0 = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 2$$

أسئلة

س1 : دالة الشغل للبوتاسيوم تساوي (2.24eV)، إذا سقط عليه ضوء له $\lambda = 480\text{nm}$ أوجد :

أ - أعظم طاقة حركية للإلكترونات (T_{max})

ب - λ_c

س2: الكروونات تبعث من سطح معدني بسرعة تصل عبرها الأعلى (4.6 $\times 10^5\text{m/s}$) عندما تستعمل ضوء له ($\lambda = 625\text{nm}$) احسب :

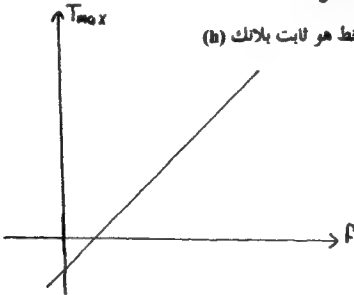
أ - ϕ

ب - f_c

س3: دالة الشغل للزنك تساوي (J 6.8×10^{-19}) ، أوجد f_c .

س4: أوجد المصادر الضوئية له ($T_{\text{max}} = 1.6\text{eV}$) ، يشع ضوء ب λ . مصدر ضوئي آخر له نصف طول موجة المصدر الأول وهذا المصدر له ($T_{\text{max}} = 5.2\text{eV}$) ، ما هو دالة الشغل للمعدن .

س5: أثبت أن ميل الخط هو ثابت بلانك (h)



ثانياً : جمع وتداخل الموجات

1- المقدمة

نذكر بالمعادلة

$$y = A \sin [kx - \omega t] \dots\dots\dots(1)$$

وهذه المعادلة وضعت على اعتبار أن الموجة تبدأ من $x = 0, t = 0$ وعندها تكون $y = 0$ تعرف الكمية $(kx = \omega t)$ بأنها الطور ويرمز لها بالرمز ϕ .

$$\phi = kx - \omega t \dots\dots\dots(2)$$

إذا بدأت الحركة عندما تكون $(x = t = 0)$ فيكون الطور في هذه اللحظة مساوياً صفراً و عندئذٍ تكتب المعادلة (1) بصورة عامة بالصيغة التالية :

$$y = A \sin [kx + \omega t + \phi_0] \dots\dots\dots(3)$$

حيث أن ϕ_0 هو الطور الابتدائي أو الطور الذي تستهل به الحركة.

والطور يتغير باتجاه الموجة بصورة مباشرة مع المسافة (x) ، وثابت التناسب في هذه الحالة هو العدد الموجي (k) .

ويمكن التعبير عن فرق الطور بين نقطتين مختلفتين في وسط ما في أية لحظة بالمعادلة التالية :

$$S = k (x_2 - x_1)$$

$$S = K\Delta$$

$$S = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \dots\dots\dots(4)$$

حيث (Δ) في هذه الحالة هو لمسار الضوئي وليس المسار الهندسي حيث أ، المسار الضوئي = المسار الهندسي \times معامل الانكسار .

ومنه

$$\Delta = n d$$

n معامل الانكسار

d :- المسار الهندسي

Δ = المسار الضوئي

من (4) و (5)

$$S = \frac{2\pi}{\lambda} (nd)$$

2. جمع وتداخل الموجات التوافقية :-

ينص مبدأ تركيب أو تراكب الأمواج بأنه إذا سارت موجتين أو أكثر في نفس الوسط فإن الموجة الناتجة عند أي نقطة تساوي المجموع الجبري للاقترانات هذه الأمواج.

لنطبق هذا المبدأ على موجتين توافقيتين تسير في نفس الاتجاه في الوسط، إذا تحركت الموجتان لليمين وكان لها :-

* نفس التردد

* نفس الطول الموجي .

* نفس السعة .

* ولكنها تختلف في الطور.

هاتان الموجتان نستطيع أن نعبر عن اقتراناتهم بالصيغ التالية :

$$y_1 = A \sin (kx - \omega t) \dots\dots\dots(1)$$

$$y_2 = A \sin (kx - \omega t - \phi_0) \dots\dots\dots(2)$$

فنتج موجة اقترانها: -

$$y = y_1 + y_2 = A [\sin (kx - \omega t) + \sin (kx - \omega t - \phi_0)] \dots\dots(3)$$

وباستخدام القاعدة (المتطابقة) التالية من علم المثلثات .

$$\sin a + \sin b = 2 \cos \left(\frac{a+b}{2} \right) \sin \left(\frac{a-b}{2} \right) \dots\dots\dots(4)$$

ولنسمي (نفرض) أن :-

$$[a = kx - \omega t \dots\dots(5)], (b = kx - \omega t - \phi_0 \dots\dots(6))$$

وعندها نستطيع كتابة (3) بالصورة .

$$y = A [\sin a + \sin b] \dots\dots(7)$$

وبتطبيق المتطابقة (4) على (7)

$$y = 2A \cos \left(\frac{a+b}{2} \right) \sin \left(\frac{a-b}{2} \right) \dots\dots\dots(8)$$

ولكن بالتعويض مكان (a) و (b) بقيمهم كما فرضناها في (5) و (6) ترجع (8) كما يلي:

$$y = \cos \left[\frac{(kx - \omega t) - (kx - \omega t - \phi_0)}{2} \right] \sin \left[\frac{(kx - \omega t) + (kx - \omega t - \phi_0)}{2} \right]$$

$$y = 2A \cos \left[\frac{kx - \omega t - kx + \omega t + \phi_0}{2} \right] \sin \left[\frac{kx - \omega t + kx - \omega t - \phi_0}{2} \right]$$

$$y = 2A \cos \left[\frac{-\phi_0}{2} \right] \sin \left[\frac{2kx - 2\omega t - \phi_0}{2} \right]$$

$$y = 2A \cos \left[\frac{-\phi_0}{2} \right] \sin \left[\frac{2kx}{2} - \frac{2\omega t}{2} - \frac{\phi_0}{2} \right]$$

$$y = 2A \cos \left[\frac{-\phi_0}{2} \right] \sin \left[kx - \omega t - \frac{-\phi_0}{2} \right]$$

(ومن الخاصة بأن $\cos(0) = \cos 0$ تصبح y)

$$y = 2A \cos \left[\frac{-\phi_0}{2} \right] \sin \left[kx - \omega t - \frac{-\phi_0}{2} \right]$$

$$y = 2A \cos \frac{-\phi_0}{2} \left[kx - \omega t - \frac{-\phi_0}{2} \right]$$

نلاحظ أن الموجة المركبة لها مايلي:

1- لها نفس الطول الموجي والتزد للذين للموجتين المتداخلين.

2- السعة للموجة المركبة هي :

$$\left[2A \cos \frac{+\phi_0}{2} \right]$$

3- وطورها يساوي $\frac{-\phi_0}{2}$.

ملاحظات :

1- لو كان ثابت الطور ϕ_0 يساوي 0 فعندها

$$\cos \frac{+\phi_0}{2} = \cos 0 = 1$$

وتكون السعة حينها

$$2A \cos \frac{\phi_0}{2} = 2A_0$$

ويعني آخر فإن السعة للموجة المركبة (المحصلة) هي ضعف السعة لأي من الموجتين المقترتين .

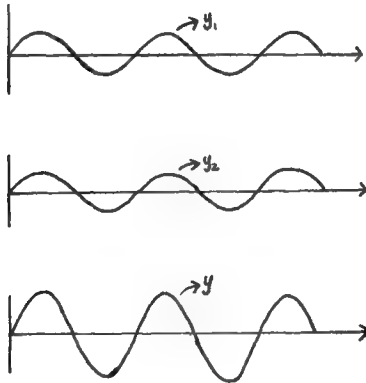
وفي هذه الحالة يقال عن الأمواج بأنها (in phase)، ولذلك تتداخل بنائياً constructively أي أن القمم والقيعان للأمواج المفردة تحصل عند نفس النقاط .

وبشكل عام فإن التداخل البناء (constructive interference) يحدث عندما

$$\cos \frac{\phi}{2} = \pm 1$$

$$\text{or } \phi = 0, 2\pi, 4\pi$$

انظر الشكل (1)



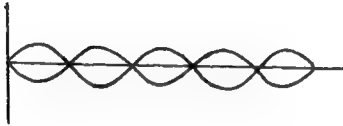
(2) إذا كانت $\phi = \pi$ أو أي عدد فردي مضروب ب π فإن

$$\cos \frac{\phi}{2} = \cos \frac{\pi}{2} = 0$$

وعندها فإن الموجة المركبة (الخصلة) يكون لها السعة تساوي صفر في كل مكان
وعندها يقال بأن الموجتين المفردتين تداخلتا هدميا.

أي أن كل قمة في إحدهما تطابقت مع كل قاع في الأخرى وأنتجا مسافات تلغي
بعضها عند كل مكان.

انظر الشكل (2)



3- إذا كانت قيم (ϕ) ما بين (0) و (π)

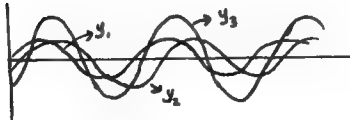
$$0 < \phi < \pi$$

فيكون الناتج موجة لها سعة وهذه السعة لها قيمة أكبر من 0 ن أقل من $2A_0$

مثال :

$$\phi = 60$$

انظر الشكل (3)



ثالثاً: ظاهرة التداخل

هناك ظواهر لم تستطع الطبيعة الجسمية تفسيرها مثل الحيود التداخل، ولكن اعتبار الضوء بأن له طبيعة موجية... استطاع أن يفسر بوضوح. وستناول ظاهرتي التداخل والحيود بالتفصيل...وسنبداً بظاهرة التداخل.

← شروط التداخل :-

في مناقشتنا للتداخل (تراكيب) الموجات في الدرس السابق، وجدنا أنه يمكن لموجتين أن تجمعا بنائياً أو هدمياً. في التداخل البناء يكون (سعة) الموجة المحصلة أكبر من سعة الموجتين المفردتين كلاً على حدة .

ما ينطبق على الأمواج في موضوع التداخل، ينطبق أيضاً على موجات، الضوء... وبشكل رئيسي فإن التداخل المصالح بالأمواج الضوئية يحدث كنتيجة لتوحيد وضم المجالات التي تشكل الأمواج المفردة.

ظاهرة التداخل تأثيرها في أمواج الضوء من الصعب ملاحظتها بسبب قصر أطوالها الموجية (تقريباً ما بين $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ - $7 \times 10^{-7} \text{ m}$)

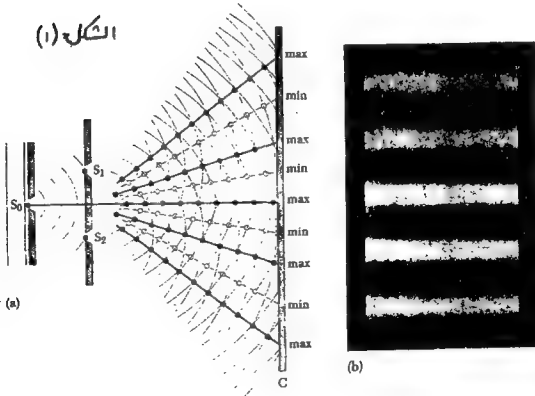
* وليحدث التداخل يجب أن تحقق الشروط التالية: -

- 1- المصادر يجب أن تكون مترابطة (coherent) ... أي أنها يجب أن تحافظ على طور ثابت بالنسبة لبعضها البعض.
- 2- هذه المصادر يجب أن تكون أحادية الطول الموجي (monochromatic) أي لها طول موجي مفرد.
- 3- مبدأ جمع الموجات (superposition) يجب أن يطبق.

← تجربة الشق المزدوج يونغ

young's Double - Slit Experiment

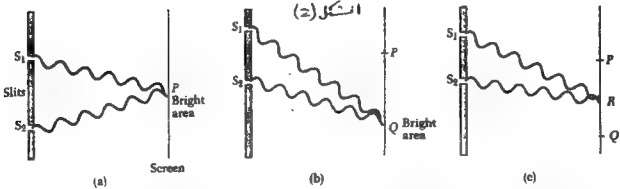
إن ظاهرة تداخل أمواج الضوء من مصدرين جريت أولا من قبل توماس يونغ عام 1801. وعطط الرسم للأدوات المستعمل في التجربة يرى في الشكل (1)، الضوء يسقط على شاشة والمزود بثقب ضيق (S_0).... الأمواج الناشئة من الشق تصل إلى شاشة ثانية، والتي تحتوي ثقبين متوازيين هما (S_1) و (S_2)، وهذان الشقان يعملان كمصدران مترابطان، لأن الأمواج الناشئة منها تنتج من نفس مقدمة الموجة، ولذلك نحافظ على علاقة طور ثابت بينهما...



الضوء من الشقين ينتج شكلا من الضوء على الشاشة (c) وهذا الشكل يتألف من سلسلة من الحزم المضيئة والمظلمة والمتوازية والتي تسمى الأهداب.

عندما يصل الضوء من الشق (S1) والشق (S2) إلى نقطة على الشاشة (c) فإنه يحدث تداخل بناء عند تلك النقطة .

وعندما يتحد الضوئين بطريقة هدمية عند أي نقطة على الشاشة (c) ، فإنه يظهر منطقة مظلمة عند تلك النقطة .



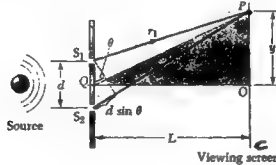
الشكل (2) هو رسم تخطيطي لطرق عديدة يتم من خلالها اتحاد موجتين على الشاشة في الشكل (2-أ)، موجتان تغادران الشقين تكونان (in phase) تصطلمان الشاشة عند النقطة المركزية أ ولأن هاتين الموجتان تسيران مسافتين متساويتين أيضا يصلان (in phase) عند النقطة أ وكتيجة فإنه يحصل تداخل بناء عند تلك النقطة وعندها يمكن ملاحظة منطقة مضيئة.

في الشكل (2-ب) :- فإن موجتي الضوء تبدءان (in phase)، لكن الموجة العلوية يجب عليها أن تسير مسافة طول موجي زيادة لتصل النقطة (D) على الشاشة .

ولأن الموجة العلوية تقع خلف الموجة الشكالية بمقدار طول موجي واحد، ولذلك يقيان يصلان (in phase) عند (O). ولذلك يتشكل عند (O) منطقة مضيئة.

في الشكل (2-ح) دعنا نعتبر النقطة (p) بين (أ) و (O). عند هذه النقطة تكون الموجة العلوية متأخرة عن الموجة المنخفضة بنصف طول موجي، وهذا يعني أن قاع الموجة السفلية يتخطى القمة عن الموجة العلوية، وهذا يعني أن قاع الموجة العلوية، وهذا يسبب في حصول تداخل هدام، ويحدث عند هذه النقطة منطقة مظلمة .

والآن نأتي لشرح تجربة يونغ بالتفصيل بمساعدة الرسم في الشكل (3-1)



لنفرض النقطة (أ) على الشاشة (C) التي تقع بشكل عمودي على المسافة بينها وبين الشاشة التي تحتوي شقين (S1) و (S2).....ومسندعو تلك المسافة (L) والمسافة بين الشقين هي.

لنفرض أن مصدر الضوء أحادي الطول الموجي وتحت هذه الشروط فإن الموجات المنبثقة من (S1) و (S2) سيكون لها نفس التردد والسعة وستكون (in phase) . ستكون شدة الضوء عند النقطة (أ) على السطح للشاشة هو نتيجة للضوء القادم من كلا الشقين.

نلاحظ أن الموجة من الشق السفلي تسير مسافة أكبر من الموجة من الشق العلوي بمقدار $(d \sin \theta)$... هذه المسافة تسمى فرق المسار (S) حيث

$$S = r_2 - r_1 = d \sin \theta \quad \dots\dots(1)$$

هذه المعادلة افترضت أن (r_2) و (r_1) متوازيان ، وهذا تقريبا كلام سليم لأن (L) أكبر بكثير من (d) .

والآن إذا كان فرق المسار إما صفرا ، أو عدد صحيح مضروب ب (λ) ، والموجتان تكونان (in phase) عند (أ) ويحصل عندها تداخل بناء .

لذلك فإن الشرط للأهداب المضيئة أو التداخل البناء عند (أ) يعطي بالعلاقة

$$S = d \sin \theta = m \lambda$$

$$(m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

m تسمى رتبة العدد (order number) وتكون الهدب المضيء المركزي عند $(\theta=0)$ حيث عندها $(m=0)$ وتسمى الرتبة العظمى الصفرية ومصطلحها الأجنبي هو (Zeroth-order maximum) الرتبة العظمى الأولى من ل جانب (أعلى وأسفل) هي عندها $(m \pm 1)$ وتسمى first order maximum وهكذا .

وبالمثل عندما (S) تكون عدد فردي من الأطوال الموجية ، أي عدد صحيح مضروب ب $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ ، فإن الموجتين الواصلتين ل (p) سوف تكون $(180^\circ \text{ out of phase})$ وسوف تعمل على تداخل هدام ... لذلك شرط حدوث الأهداب المظلمة أو التداخل الهدام عند (أ) يعطي بالعلاقة :

$$S = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$(m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

والآن من المفيد الحصول على تعابير لمواقع الأهداب المضيئة والمظلمة مقامة بشكل عمودي من (0) إلى (p)، أكبر بكثير من طول الموجة.

وهنا تكون θ صغيرة ولذلك يمكن استعمال التقريب التالي عندما θ صغيرة لـ-

$$\theta = \sin \theta = \tan \theta$$

من المثلث OPQ في الشكل (3) سوف نرى ما يلي :-

$$\sin \theta = \tan \theta = \frac{y}{l} \dots \dots \dots (4)$$

باستعمال هذه النتيجة مع العلاقة رقم (2) سوف نرى بأن مواقع الأهداب المضيئة مقاسة من عند (0) تعطى بواسطة

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} m \dots \dots \dots (5)$$

وبشكل مشابه باستعمال العلاقات (3) و (4) ، سوف نجد أن مواقع الأهداب المظلمة مقاسة عند (0) تعطى بواسطة

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} \left(m + \frac{1}{2} \right)$$

مثال : - شاشة تبعد عن شاشة أخرى ذات تقمين مسافة مقدارها (1.2m)

..... والمسافة بين التقمين هي (0.03m) ... الرتبة الثانية المضيء (m=2) تقاس على أنها (4.5cm) من الخط الممودي.

أ) حدد الطول الموضي للضوء .

ب) احسب المسافة بين كل هذين مضيئين متاليين .

الحل :-

$$m=2 \quad y_2 = 4.5 \times 10^{-2} \text{ m} \quad L = 1.2 \text{ m} \quad d = 3 \times 10^{-5} \text{ m} .$$

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{\lambda L}{d} \times 2$$

$$\lambda = \frac{dy_2}{2 \times l}$$

$$\lambda = \frac{(3 \times 10^{-5} \text{ m})(4.5 \times 10^{-2} \text{ m})}{2 \times 1.2 \text{ m}}$$

$$\lambda = 5.62 \times 10^{-7} \text{ m} = 562 \text{ nm}$$

$$y_{m+1} - y_m = \frac{\lambda L(m+1)}{d} - \frac{\lambda Lm}{d}$$

$$= \frac{\lambda L}{d}$$

$$= \frac{(5.62 \times 10^{-7} \text{ m})}{3 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$= 2.25 \times 10^{-2} \text{ m}.$$

مثال : - مصدر ضوء يشع ضوء ذو طولين موجيين في المنطقة المرئية، يعطيان كالتالي

$$\lambda = 510 \text{ nm} , \lambda = 430 \text{ nm}$$

المصدر يستعمل في تجربة التداخل لشقين حيث : -

$$L = 1.5 \text{ m} , d = 0.025 \text{ mm}$$

أوجد الفرق بين رتبة الهدب المضيء الثالث المعلقة بتلك الأطول الموجية .

الحل : - نعرف أن

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} \text{ m}$$

سوف نسمي Y عند λ والرتبة الثانية ب Y_3

سوف نسمي Y عند λ والرتبة الثالثة ب Y_3

$$y_3 = \frac{\lambda L}{d} \text{ m} = \frac{3\lambda L}{d} = \frac{3 \times 34010^{-9} \times 15}{0.0253 \times 10^{-3}}$$

$$= 7.74 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$y'_3 = \frac{\lambda' L}{d} \text{ m} = \frac{3\lambda' L}{d} = \frac{3 \times 34010^{-9} \times 15}{0.0253 \times 10^{-3}}$$

$$= 9.18 \times 10^{-2} \text{ m}$$

الفرق بين Y_3 و Y'_3 هو

$$\Delta y = Y'_3 - y_3$$

$$= 9.18 \times 10^{-2} \text{ m} - 7.74 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$= 1.44 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$= 1.44 \text{ cm.}$$

مثال :

زوج من شقين متوازيين ضعيفين المسافة بينهما (0.25mm) جعلناهما يصدران ضوءاً أخضر ($\lambda=546 \text{ nm}$) ولاحظنا التداخل على شاشة تبعد مسافة (1.2m) عن شاشة الشقين، احسب المسافة عن الرتبة المركزية إلى الرتبة الأولى من الأعلى والأسفل.

$$L = 1.2 \text{ m} \quad d = 0.25 \text{ mm} = 0.25 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 546 \text{ nm}$$

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} \times m$$

$$y_1 = \frac{(546 \times 10^{-9} \text{ m})(1.2 \text{ m})}{(0.25 \times 10^{-3} \text{ m})} \times 1$$

$$= 2.62 \times 10^{-3} \text{ m}$$

مثال : تجربة يونغ لتداخل أجريت بضوء ليزر أزرق مخضر، ... المسافة بين الشقين تساوي (0.5mm) ونظام التداخل يحصل على شاشة تبعد (3.3m) ... وعند هذا سوف نرى الرتبة العظمى الأولى على مسافة 3.4mm من المركز ما هي طول موجة هذا اللون .

الحل: -

$$\lambda = ?$$

$$L = 3.3m \quad d = 0.5 \times 10^{-3}m$$

$$y_1 = 3.4 \times 10^{-3} m$$

$$y_{\text{bright}} = \frac{\lambda L}{d} m$$

$$y_1 = \frac{\lambda L \times 1}{d}$$

$$\lambda = \frac{dy_1}{L}$$

$$\lambda = \frac{0.5 \times 10^{-3}m \times 3.4 \times 10^{-3}m}{3.3m}$$

$$= 5.15 \times 10^{-7} m = 515 \times 10^{-9} m = 515 nm.$$

أسئلة على تجربة يونغ

س1:- شعاع ليزر ($\lambda = 632\text{nm}$) يسقط على شقين يبعدان عن بعضهما (0.2mm) تقريبا، كم بعد المسافة يجب أن تكون بين خطوط التداخل على الشاشة التي تبعد (5m) عن الشقين.

س2:- الشق في التجربة يونغ يشع بضوء أحادي طول الموجة... الحزمة المظلمة الثابتة تقع على بعد (9.5mm) عن الحزمة العظمى المركزية.. الشقان يبعدان عن بعضهما (0.15mm) والشاشة تقع على بعد مقداره (90cm) عن الشقين، احسب الطول الموجي للضوء المستخدم.

س3:- الضوء الأصفر ($\lambda = 587\text{nm}$) يسمح له بالسقوط على سطح يحتوي على سطح يحتوي شقين متوازيين المسافة بينهما (0.2mm)، الشاشة موقعها بحيث أن الحزمة المضيئة الثابتة في نظام التداخل تقع على مسافة تساوي (10) أمثال المسافة بين الشقين والهدب المركزي احسب المسافة بين المصلر والشاشة.

س4:- في تجربة يونغ، الشقين يشعان ضوءا طوله الموجي (680nm)، إذا كان الهدب لمضيء الثاني على بعد (3.5cm) من الخط الرئيسي، وبعد الشقين عن الشاشة يساوي (2m) احسب :-

أ - الفرق في المسافة بين الشقين.

ب- موقع الهدب الثاني المظلم.

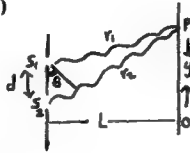
س5:- ضوء طوله 546nm ينتج نظام يونغ للتداخل حيث الرتبة الدنيوية تكون على طول الاتجاه الذي يعمل زاوية مقدارها 16 دقيقة من قوس، بالنسبة لاتجاه العظمى المركزية ما هي المسافة بين الشقين المتوازيين.

توزيع شدة الضوء في تجربة الشقين ليونغ.

تحدثنا عن التداخل البناء والهدم. الآن نريد أخذ المركبة الكهربائية (E) للموجتين

$$E_1 = E_0 \sin \omega t$$

$$E_2 = E_0 \sin (\omega t + \phi)$$



وكما تحدثنا سابقا بأن :

$$S = r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

$$S = \lambda$$

* عندما يكون فرق المسار هو (λ) يكون فرق الطور (2π) ويحدث تداخل بناء .

* عندما يكون فرق المسار هو $\frac{\lambda}{2}$ يكون فرق الطور (π) ويحدث تداخل

هدام .

نما سبق فصل ل

$$\frac{S}{\phi} = \frac{\lambda}{2\pi} \dots\dots\dots(1)$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} S = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta \dots\dots\dots(2)$$

الآن نريد أن نطبق مبدأ تراكب الموجات على تراكب (E_2, E_1) عند النقطة (أ) أي

نريد المحصلة (E_p) عند النقطة (أ) الناتجة من التقاء (E_2, E_1)

$$E_p = E_1 + E_2$$

$$E_p = E_0 [\sin \omega t + \sin (\omega t + \phi)] \dots\dots(3)$$

نطبق القاعدة الرياضية التالية على (3)

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \left(\frac{A+B}{2} \right) \cos \left(\frac{A-B}{2} \right)$$

بفرض أن $A = \omega t + \phi$ و $B = \omega t$

تصبح (3) كما يلي:

$$E_p = 2E_0 \cos \left(\frac{\phi}{2} \right) \sin \left(\omega t + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots(4)$$

رمز شدة الضوء هو I

والشدة تعتمد على مربع محصلة المجال الكهربائي عند نقطة

$$I \propto E_p^2$$

$$I = 4 E_0^2 \cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right) \sin^2 \left(\omega t + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots(4)$$

وإذا أردنا معدل الشدة I_{average} فإنها تساوي :

$$I_{\text{ave}} = I_0 \cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right) \dots\dots(6)$$

ولكن من (2) فإن

$$\phi = \left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \right) \dots\dots(7)$$

ونعرف بأن

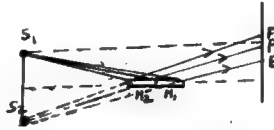
$$\sin \theta = \frac{k}{L}$$

$$I_{\text{ave}} = I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi d y}{\lambda L} \right) \dots\dots(8)$$

أنواع أخرى للتداخل

1- مرآيا لوييلز

لعمل متداخل من مصدر واحد (S) يتم استخدام مبدأ مرآيا لوييلز كما في الشكل.



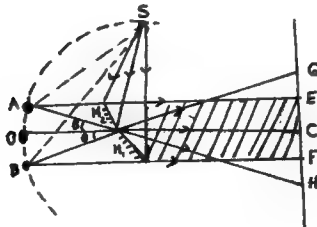
حيث يوضع المصدر الضوئي قريبا من مرآة.

أمواج الضوء تصل إلى النقطة (أ) من خلال طريقتين... إما عن طريق (S0) و الانعكاس عن المرآة إلى (أ) أوجد مباشرة (S إلى P)

الشعاع المنعكس يمكن معاملته كشعاع ناتج عن المصدر الضوئي S خلف المرآة (أي صورة المصدر الرئيسي S حيث يعتبر كمصدر خيالي).

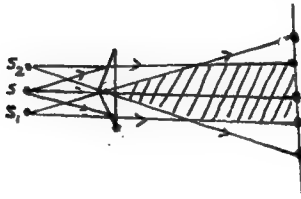
أصبح الآن النقطة (P) وأصبح هناك مصدرين للضوء. وموجتين وكان هناك ما يسببه تجربة يونغ ذات الشقين. حيث تلقي الموجتين عند (p) ويحدث تداخل هناك.

2- مرآيا فرنل Fresnel mirrors



نلاحظ هناك المصدرين هما الصورتين الخياليتين لمصدر ضوئي S من خلال تشكيلهما بمرآتين هما (M_1) و (M_2) وهنا لا يسمح للضوء أن يصل بصورة مباشرة إلى الشاشة.

3- المنشور المزدوج لفرنل Fresnel Biprism

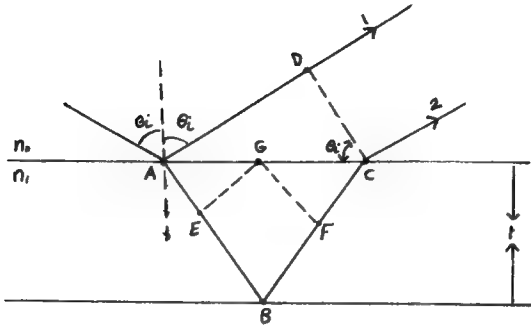


المصدرين هما S_1 و S_2 وهما صورتان خياليتان لمصدر (S) تتشكلان من خلال نصفي منشور مزدوج .

التداخل في الأغشية الرقيقة

الغشاء الرقيق :- هو وسط بصري ذو معامل انكسار معين يمتلك سمك رقيق جدا.

انظر إلى الشكل :-



$r =$ سماكة غشاء رقيق .

$\theta_i =$ زاوية السقوط والانعكاس (متساويتين)

$\theta_r =$ زاوية الانكسار .

$n_o =$ معامل انكسار الهواء

$n =$ معامل انكسار الغشاء الرقيق .

من خلال القانون سنل للانعكاس

$$n_o \sin \theta_i = n \sin \theta_r \dots(1)$$

ومن الرسم نجد أن

$$\sin \theta_r = \left(\frac{AE}{AG} \right) \dots(2)$$

ومنه

$$AE = AG \sin \theta_r = \left(\frac{AC}{2}\right) \sin \theta_r \dots(3)$$

وأيضاً

$$\sin \theta_i = \left(\frac{AD}{AC}\right)$$

$$AD = AC \sin \theta_i \dots(4) \text{ أي أن}$$

$$AB = BC$$

$$D = (AB + BC) n - AD \dots(5)$$

$$\cos \theta_r = \frac{r}{AB}$$

ومنه

$$AB = \frac{r}{\cos \theta_r} = BC \dots\dots\dots(6)$$

$$AC = 2AG \dots\dots\dots(7)$$

$$\tan \theta_r = \frac{AG}{r}$$

ومنه

$$AG = r \tan \theta_r \dots\dots\dots(8)$$

من (4)

$$AD = AC \sin \theta_i$$

ومن (7) تصبح (4)

$$AD = 2 AG \sin \theta_i \dots\dots\dots(9)$$

ومن (8) تصبح (9)

$$AD = 2t \tan \theta_r \sin \theta_i \dots\dots\dots(10)$$

$$AB + BC = \frac{2t}{\cos \theta_r} \dots\dots(11)$$

عوض (10) و (11) في (5)

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} - 2t \tan \theta_r \sin \theta_i \dots\dots\dots(12)$$

$$n_o \sin \theta_i = n \sin \theta_r \quad \leftarrow (1) \text{ من}$$

$$n_r = 1 \text{ للهواء}$$

وبه تصبح (1)

$$\sin \theta_i = n \sin \theta_r$$

عوضها في (12)

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} - 2tn \sin \theta_r \tan \theta_i \dots\dots(13)$$

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} - 2tn \sin \theta_r \frac{\sin \theta_r}{\cos \theta_r} \dots\dots\dots(14)$$

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} - 2tn \frac{\sin^2 \theta_r}{\cos \theta_r} \dots\dots\dots(15)$$

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} (1 - \sin^2 \theta_r) \dots\dots\dots(16)$$

$$1 = \sin^2 \theta_r + \cos^2 \theta_r$$

$$1 - \sin^2 \theta_r = \cos^2 \theta_r$$

عوضها في (16)

$$\Delta = \frac{2nt}{\cos \theta_r} \cos^2 \theta_r$$

$$\Delta = 2nt \cos \theta_r$$

تبين بالتجربة أن طول الموجة (2) يختلف عن طول الموجة (1) بنصف طول موجي أي $(\frac{\lambda}{2})$ نتيجة انتقال الموجة من الهواء لزجاج يحصل تغير في الطور مقداره π أو $(\frac{\lambda}{2})$ ويجب أخذ هذا في عين الاعتبار عند حساب شروط النهايات العظمى (بناء) والصغرى (هذام) للتداخل ويعني

$$\Delta = m\lambda \text{ عظمى}$$

$$\Delta = (m + \frac{1}{2}) \lambda \text{ صغرى}$$

وعند التغير تصبح

$$\Delta = m\lambda - \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta = (m - \frac{1}{2}) \lambda \text{ عظمى}$$

وللصغرى

$$\Delta = (m + \frac{1}{2}) \lambda - \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta = m\lambda \leftarrow \text{صغرى}$$

فتصبح شروط التداخل

$$\Delta = 2nt \cos \theta r = (m - \frac{1}{2}) \lambda \text{ عظمى}$$

$$\Delta = 2nt \cos \theta r = m\lambda \text{ صغرى}$$

مثال : - غشاء من الصابون يسقط عليه ضوء بزاوية 40° عند اختبار الضوء المنعكس يظهر طيف يختفي الطول الموجي (500nm) أي النهاية الصغرى أوجد

سمك غشاء الصابون علما بأن معامل انكسار الصابون هو 1.38 .

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

$$\sin \theta_r = \frac{\sin \theta_i}{n_2} = \frac{\sin 45}{1.38}$$

$$\sin \theta_r = 0.47$$

$$\theta_r = 27.7$$

$$2nt \cos \theta_r = m\lambda$$

$$t \times 2 \times 1.38 \times \cos 27.7 = 1 \times 500 \times 10^{-9}$$

$$t = \frac{500 \times 10^{-9}}{2 \times 1.38 \times \cos 27.7}$$

$$t = 2.046 \times 10^{-7} \text{ m}$$

مثال : فقاعة صابون تشاهد في ضوء طوله الموجي 550nm انعكاسا قويا للضوء نهاية عظمى وخاصة عند الرتبة الأولى ، وكان السقوط عموديا، جد سمك الفقاعة علما بأن معامل انكسار الصابون $N=1.38$

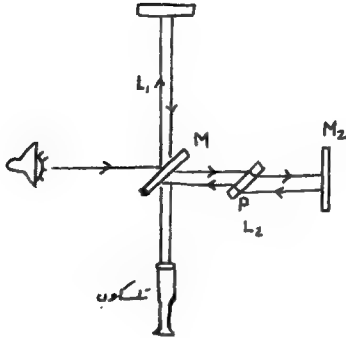
$$2nt \cos \theta_r = (m - \frac{1}{2}) \times 550 \times 10^{-9}$$

$$r = \frac{275 \times 10^{-9}}{2 \times 1.38 \times \cos(0)}$$

$$r = 9.96 \times 10^{-8}$$

مقياس ميكلسون للتداخل The Michelson Interferometer

مقياس ميكلسون هو كما في الشكل ... الشعاع الضوئي الخارج من المصدر الضوئي يحدث له ازاحتين بواسطة المرآة M المائلة بزاوية 45° عن الشعاع الساقط.



احد الشعاعين ينعكس عمودياً للأعلى باتجاه المرآة M_1 .

الشعاع الثاني ينقل أفقياً خلال M باتجاه المرآة M_2 .

مساري الشعاعين هما L_1 و L_2 .

بعد أن ينعكس الشعاعين من (M_1) و (M_2) يعودان ويتحدان وينتجان نظام

تداخل والذي يمكن ملاحظته من خلال التلسكوب .

شروط التداخل للشعاعين يتحدد من خلال الاختلاف في مسارهما البصري .

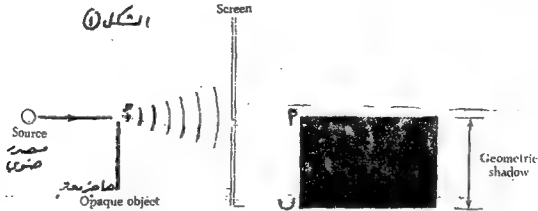
رابعاً : - ظاهري الحيود

لاحظ العلماء بأن أمواج الضوء المارة من خلال شق تصل إلى المناطق التي يتوقع أن يكون فيها ظل (وهذا يناهض مبدأ سير الضوء بخطوط مستقيمة)، أي أن الضوء انحنى عن الزوايا..

وهذا هو ما يسمى بحيود الضوء (أي انحراف الضوء بشرط أن لا يكون هذا الانحراف انعكاساً أو انكساراً)

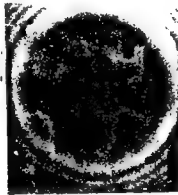
مثال (1)

انظر الشكل (1) ضوء يصدر عن مصدر ضوئي سوف يعرض طريقه حاجز معتم وسوف نتوقع وجود ظل في المنطقة (أ،ب) نتيجة سير الضوء في خطوط مستقيمة ولكننا سوف نرى حقيقة أن هناك ضوءاً وصل للمنطقة التي من المفروض أن تكون ظلاً...



وهذا يتم تفسيره بالفرض أن الضوء يسير على شكل أمواج وأن أي نقطة على الموجة تعتبر كمصدر ضوئي فمثلاً في الشكل (1) إن النقطة (ج) على الموجة تعتبر من هذه الأمواج إلى منطقة الظل. (أ،ب)

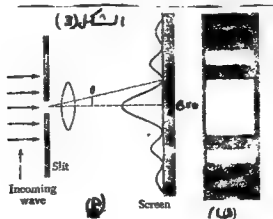
* مثال (2) أجرى العلماء تجربة على قطعة معدنية بتعريضها للضوء أي موضع القطعة النقدية أمام مصدر ضوئي نقطي وتوقع العلماء الحصول على ظل كامل للقطعة النقدية ... لاعتقادهم بأن الضوء يسير بشكل خطوط مستقيمة ولكنهم حصلوا على الشكل (2)... حيث نلاحظ من هذا الشكل وجود نقطة مضيئة في منتصف الظل وهذه النقطة المضيئة لا يمكن وصفها إلا من خلال الفروض أن الضوء على شكل أمواج وحصل حيود للأمواج الضوء



* أنواع الحيود :-

1- حيود فرائهوفر Fraunhofer Diffraction

بشكل عام يحدث الحيود عندما تمر الأمواج خلال عوائق دائرية صغيرة مفتوحة أو من خلال حواف حادة .

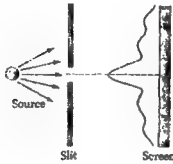


الشكل (3) يمثل حيود فرانهورف والذي يحدث عندما تكون شاشة العرض بعيدة عن الثقب حيث تصل الأشعة لنقطة تقريبا بشكل متوازي. وقد نستعاض عن ذلك باستعمال عدسة لامة لتبتر حزمة الأشعة المتوازية على الشاشة.

الشكل (3-أ) يمثل رتبة مضيئة بأعلى شدة عندما $(\theta = 0)$ وسوف يكون هناك تناوب في الهدب المضيئة والمظلمة على جانبه. (θ) هي الزاوية بين الشعاع الساقط والمنحاد).

الشكل (3-ب) يرينا صورة فوتوغرافية لحيود فرانهورف من خلال شق مفرد .

2- حيود فريينيل Fresnel Diffraction.



وذلك عندما يكون الشاشة على مسافة محددة من الثقب ولا تستعمل عدسة لتبتر الأشعة المتوازية انظر الشكل (4)

* الحيود عن شق مفرد Single - Slit Diffraction

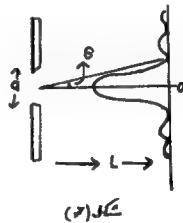
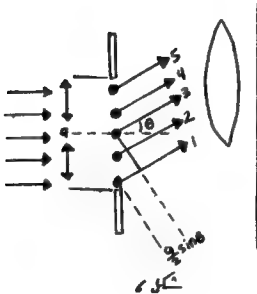
الشفوق الواصل لها الضوء تعتبر كمصادر ضوئية يبدو وكأن لاضوء قادم منها انظر لشكل (0)

انظر إلى الشكل (6) ... فإنه من خلال مبدأ هايجنز، وكل منطقة في الثقب تتصرف كمصدر للأمواج... وكل هذه الأمواج القادمة من منطقة في الثقب سوف تلتقي مع أمواج قادمة من منطقة أخرى وسوف تعتمد الشدة الناتجة على الشاشة على الزاوية θ .

لفهم مبدأ الحيود يجب أن نقسم الثقب إلى قسمين فإذا كان عرض الثقب (a) تصبح القسمين $(\frac{a}{2})$ و $(\frac{a}{2})$.

لنأخذ الشعاع (1) الناتج من الأسفل والشعاع (3) من المركز للثقب... الشعاع (1) يسير مسافة أكبر من (3) بمقدار يساوي الفرق المسار $\sin\theta (\frac{a}{2})$ وأيضا فرق المسار ما بين الشعاع (2) و (4) هو $(\frac{a}{2} \sin\theta)$

وإذا كان فرق المسار هذا يساوي $(\frac{\lambda}{2})$... فإن الشعاعين أو الموجتين سوف يحصل لهما في النهاية تداخلا هداما.... وهذا يحدث لأي موجتين صادرتين عن نقطتين بينهما مسافة مقدارها نصف عرض الثقب $(\frac{a}{2})$ لأن فرق الطور حينها سيكون (180°) وبالتالي سيكون فرق المسار $(\frac{\lambda}{2})$ لذلك فالأمواج من النصف العلوي للثقب تتداخل بشكل هلامي مع الأمواج الصادرة عن الجزء السفلي.



إذا يحدث التداخل الهدام عندما

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

أو بالمضروب في (2)

$$a \sin \theta = \lambda$$

ومنه

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a}$$

والآن لو قسمنا الثقب إلى أربع أقسام بدلا من قسمين واستخدام ماسبق ذكره سوف نجد أن الشاشة سوف تكون فيها مناطق مظلمة عندما

$$\sin \theta = \frac{2\lambda}{a}$$

بينما لو قسمنا الثقب ل 6 أقسام فسوف تحدث المناطق المظلمة عندما

$$\sin \theta = \frac{3\lambda}{a}$$

لذلك فإن الشرط العام لحدوث تداخل هدام :-

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a} \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

والتوزيع للشدة على الشاشة سوف يكون كما في الشكل (7)

أما شروط التداخل البناء أو النهايات العظمى سوف تكون عندما

$$\sin \theta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2a}$$

أسئلة :-

س1: ضوء طوله الموجي (580 nm) يسقط على ثقب وعرضها (0.30mm) شوهد مناطق الحيود على شاشة العرض يقع على بعد (2m) من الثقب. أوجد موقع الهدب المعتم الأول وأوجد عرض الهدب المركزي المضىء.

$$A = 0.3 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \lambda = 580 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$L = 2\text{m} \quad m = \pm 1$$

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a}$$

$$\sin \theta = \pm \frac{\lambda}{a}$$

$$\sin \theta = \pm \frac{589 \times 10^{-9} \text{ m}}{0.3 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\sin \theta = \pm 1.93 \times 10^{-3}$$

موقع الهدب المعتم الأول هو عند مسافة Y ولكن من لفلث

المقابل

$$\tan \theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الجاور}}$$

$$\tan \theta = \frac{y_1}{L}$$

ولكن هنا الزاوية θ صغيرة جدا وعندها تكون

$$\theta = \sin \theta = \tan \theta$$

$$\sin \theta = \frac{y_1}{L} \Rightarrow y_1 = L \sin \theta$$

$$y_1 = \pm L \frac{\lambda}{a}$$

$$y_1 = \pm 3.87 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ومنه لحساب عرض المذهب المركزي المضيء

$$\begin{aligned} 2y_1 &= 2 \times 3.87 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 7.73 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

س2: شق واحد عرضه 0.14 mm أضىء بضوء أحادي اللون ولوحظت مناطق الحيود على حاجز يبعد 2 m ، إذا كانت المنطقة المظلمة الثانية تبعد (1.6 cm) عن المنطقة أوجد الطول الموجي للضوء الساقط.

$$A = 0.14 \text{ mm} = 0.14 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m} \quad m = 2$$

$$y_2 = 1.6 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sin \theta = \tan \theta = \frac{y}{L}$$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-2}}{2} = 8 \times 10^{-3}$$

$$\lambda = \frac{a \sin \theta}{m}$$

$$\lambda = \frac{0.14 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\lambda = 510 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = 510 \text{ nm}$$

س3: - شق منفرد عرضه "a" مضاء بضوء أحمر طوله الموجي (650 nm) وتغطي النهايات الصغرى من الرتبة الأولى لحيود فرانكهوفر بزاوية مع الحيود البصري مقدارها 5° أوجد عرض الشق .

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a}$$

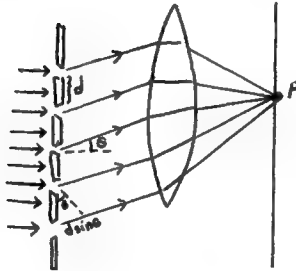
$$a = \frac{m\lambda}{\sin \theta} = \frac{1 \times 650 \times 10^{-9}}{\sin 5^\circ} = 6.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

* محزوز الحيود The Diffraction Grating

هو جهاز في مفيد في تحليل مصادر الضوء، ويتألف من عدد ضخم من الشقوق المنتظمة المتباعدة والمتساوية في العرض.

الرسم التخطيطي لمحزوز هود يرى في الشكل (8)

العدسة اللامة تستخدم لتجميع الأشعة عند النقطة p.



كل ثقب ينتج حيود كما تم شرحه سابق وكل شعاع منحرف (منحاد) ناتج عن ثقب سوف يتداخل مع شعاع منحاد آخر من ثقب آخر وهكذا . فنقول بأن كل ثقب يتصرف كمصدر ضوئي للأمواج .

في اتجاه معين مأخوذ عن الأفقي بزاوية θ فإن الأمواج سوف تسير مسارات مختلفة

قبل الوصول ل (أ)

من الشكل (8) فإن الفرق في المسار بين موجتين ناتجتين عن شقين متجاورين هو $d \sin \theta$.

وسوف يكون فرق الطور هنا بين كل موجتين متجاورتين هو λ أو أحد مضاعفاتها وعندما فإن ما سيحدث عنداً هو تداخل بناء وسوف يكون هناك تداخل بناء حيث

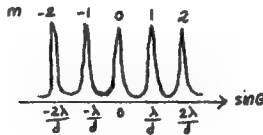
$$d \sin \theta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

حيث d :- المسافة بين ثقب وآخر.

m :- الرتبة .

θ :- زاوية الانحراف.

وسوف تكون شدة الضوء الحاصلة من مزوز حيود هي كما في الشكل (9)



* ملاحظات

1- محزوز الحيود المثالي هو ذلك الذي يحتوي على عدة آلاف خط بالسنتيمتر الواحد...

2- للحصول على d يعطى عادة من كم (خط /سم) يتكون المخزوز ونحسب d من مقلوب هذه الكمية

مثال : - مخزوز ينتج 5000 Line / cm أوجد (d)

$$d = \frac{1}{5000} = 2 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

أسئلة :

س1 : ضوء له طول موجي يساوي (632 nm)، يسقط عموديا على مخزوز حيود يحتوي 6000 Line /cm أوجد الزوايا التي من خلالها يمكن ملاحظة النهاية العظمى الأولى والنهاية العظمى الثانية وكم عدد النهايات الممكنة .

$$d = \frac{1}{6000} = 1.667 \times 10^{-4} = 1.667 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 632 \times 10^{-9} \text{ m}$$

بالنسبة للنهاية العظمى الأولى

$$m = 1 \quad \theta = ?$$

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{d}$$

$$\sin \theta = \frac{2 \times 632 \times 10^{-9}}{1.667 \times 10^{-6}} = 0.7592$$

$$\theta = 49.41$$

بالنسبة للنهايات العظمى الثالثة

$$\sin \theta = \frac{3 \times 632 \times 10^{-9}}{1.667 \times 10^{-6}} = 1.139$$

وهذا لا يمكن حدوثه لأن قيمة الجيب لا تتجاوز الواحد صحيح.

بالتالي فالقيم المسموحة ل m هي 1:0، 2.

س2 : مخزوز يحتوي على 600 Lines/mm، يسقط عليه ضوء أبيض بشكل عمودي
إذا كانت صورة الخنود تعطينا معلومات بأن الخط الأحمر في طيف الرتبة الأولى
تشاهد بزاوية 23° والخط الأخضر بزاوية 190م أوجد الأطوال الموجية لهذه الخطوط.

$$d = \frac{1}{600} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ mm} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\theta_{\text{red}} = 23^\circ \quad m = 1$$

$$\lambda_{\text{red}} = \frac{d \sin \theta}{m}$$

$$\lambda_{\text{red}} = 1.6 \times 10^{-6} \sin 23 = 625 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\theta_{\text{green}} = 19^\circ \quad m = 1$$

$$\lambda_{\text{green}} = \frac{d \sin \theta}{m}$$

$$\lambda_{\text{green}} = 1.6 \times 10^{-6} \sin 10 = 514 \times 10^{-9} \text{ m}.$$

س3:- مخزوز حيود يسقط عليه ضوء طول له الموجي 500nm، فإذا كان ثابت
المخزوز يساوي $2 \times 10^{-6} \text{ m}$ أوجد زاوية الحيود لأول هذب مضى .

ملاحظة :- ثابت المخزوز هو d

$$d = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$m = 1$$

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$$

$$\sin \theta = \frac{1 \times 500 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}} = 250 \times 10^{-3}$$

$$\sin \theta = 250 \times 10^{-3} \leftarrow \theta = \sin^{-1} (250 \times 10^{-3}) = 14^\circ.47$$

خامسا :- الاستقطاب

مقدمة

* لقد فسرت النظرية الموجية ظاهرتي الحيود والتداخل .. وكما أن الضوء يحدث له تداخل وحيود والصوت أيضا يحدث له حيود وتداخل .. فما الذي يميز الضوء عن الصوت .

* الموجات الصوتية :-

أ- لا تنتشر إلا من خلال وسط مادي .

ب- موجات طولية (الاهتزاز بنفس اتجاه انتشار الموجة)

* الموجات الضوئية :-

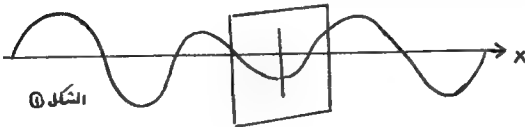
أ- تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$ ولا تحتاج لوسط ناقل .

ب- موجات مستعرضة (الاهتزاز عمودي على اتجاه انتشار الموجة)

← الظاهرة التي تؤكد أن الضوء موجات مستعرضة هي ظاهرة الاستقطاب والتي سوف نشرحها .

← تجربة :-

لو افترضنا حاجزا فيه فتحة طولية ومررنا حبل يهتز للأعلى والأسفل أي بشكل عمودي على المحور (x) انظر الشكل (1) .



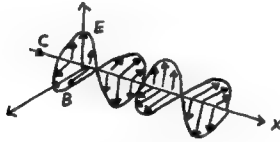
الشكل ①

نلاحظ أن الموجة سوف تنتشر وتمر من الفتحة ... وبشكل عمودي على اتجاه انتشار الموجة. وعند إدارة الحاجز 90° سوف تعدم الموجة عند تصادمها مع الحاجز لأنها لن تمر من خلال الفتحة.

2- الضوء المستقطب وغير المستقطب.

* الضوء غير المستقطب :-

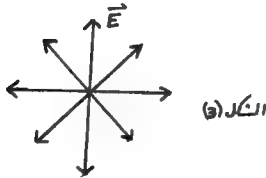
إن شعاع الضوء العادي يتألف من عدد كبير من الأمواج المشعة بواسطة ذرات وجزيئات المصدر الضوئي... كل ذرة تنتج موجة ولها مركبة كهربائية \vec{E} ومركبة مغناطيسية \vec{B} تختلف عما للذرات الأخرى. كما في الشكل (2).



يعرف عادة على الضوء بالمركبة الكهربائية \vec{E} ولأن جميع الاتجاهات لاهتزاز ذرة مصدر الضوء ممكنة لذلك فإن موجة الضوء الكهرومغناطيسية هي محصلة الموجات الناتجة عن الذرات المفردة .

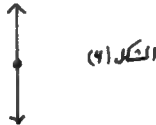
والناتج هو ضوء غير مستقطب (موجات مستعرضة تحدث في جميع المستويات الممكنة المتقاطعة في الخط الذي يمثل اتجاه انتشار الموجة) انظر الشكل (3) وهنا

اتجاه انتشار الموجة هو عمودي على الصفحة. ونلاحظ أن كل الاتجاهات للمركبة الكهربائية متساوية الاحتمالية وعمودية على اتجاه انتشارها.



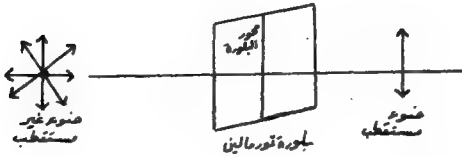
* الضوء المستقطب

يقال عن الضوء بأنه مستقطب إذا كانت \vec{E} تهتز بنفس الاتجاه طوال الأوقات عند نقطة معينة (الاتجاه واحد) كما في الشكل (4)



← وجد أن بعض البلورات تعمل استقطابا للضوء مثل بلورة التورمالين.

← تجربة: - لو وضعنا بلورة تورمالين أما ضوء غير مستقطب فإن من خواص البلورة أنها سوف تقرر الموجات التي اتجاه مجاها الكهربائي مواز لمحور البلوري وسوف تمتص مادون ذلك من الموجات. انظر الشكل (5)



نحصل من ذلك على ضوء مستقطب .

ملاحظات :-

أ- يسمى الاتجاه المعين المشار إليه سابقاً وهو الذي يسمح للذبذبة الضوئية بالمرور (بأحور الضوئي). ومعروف أن هذا الاتجاه يوازي خطاً معيناً في البلورة والذي سميناه محور البلورة ويجب أن نلاحظ أن محور البلورة هو خط معين في البلورة ويمكن تحديده بالنسبة لأي بلورة ذات شكل هندسي معروف بعيداً عن ظاهرة الاستقطاب. وقد علمنا من التجارب أن استقطاب الضوء يحدث في اتجاه يوازي محور البلورة. ويسمى أي خط في البلورة مواز لمحورها بأحور الضوئي.

ب- يسمى الضوء الذي نحصل عليه بعد مرور في البلورة بضوء مستقطب.

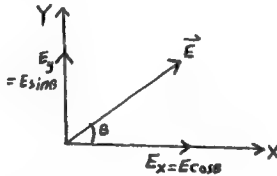
ويسمى الضوء أيضاً بضوء مستقطب استقطاب مستوياً، حيث تحدث الذبذبات في مستوى يحدده محور الضوئي واتجاه انتقال الموجة .

ج- تسمى بلورة التورمالين بالمستقطب.

د- ظاهرة الاستقطاب تبيّن أن الموجات الضوئية مستعرضة .

هـ- النتيجة العامة :-

عندما يسمح لموجات الضوء بالمرور خلال بلورة تورمالين، تسمح البلورة للمجالات الكهربائية المتذبذبة في الاتجاه محورها الضوئي بالمرور بينما تمتص المجالات الالكهربائية المتعامدة . مع المحور الضوئي بزاوية مختلفة فإن كلا منها يتحلل إلى مركبتين أحدهما موازية للمحور يسمح بمرور الأخرى عمودية عليه تمتص .

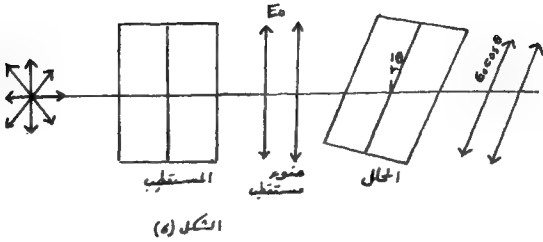


والنتيجة أن الموجات الكهربائية متذبذبة في اتجاه واحد فقط هو اتجاه المحور الضوئي المبلورة ويسمى الضوء بذلك مستقطباً في مستوى .
وإذا أديرت البلورة حول اتجاه انتشار الضوء فإن مستوى الاستقطاب يدور مع دوران محور البلورة .

3- طرق الحصول على ضوء مستقطب.

أ- طريقة الامتصاص الانتقائي.

لو حاولنا أن نكمل التجربة السابقة التي في الشكل (5) ووضعنا في طريق الشعاع المستقطب مستقطب آخر ولكن بزاوية θ عن المستقطب الأول انظر الشكل (6)



* محور المستقطب الثاني يميل عن محور المستقطب الاول بزاوية θ .

* لو سمينا الضوء المستقطب الأساسي E_1 .

* يسقط E_0 على المستقطب الثاني.

* E_0 لها مركبتين هما $E_0 \sin \theta$ و $E_0 \cos \theta$

* سوف تمر المركبة الموازية لمحور المستقطب الثاني وهي $E_0 \cos \theta$ وتمتص المركبة الأخرى $E_0 \sin \theta$.

* لذلك يسمى المستقطب الثاني ، باسم المحلل.

* شدة الضوء هي I

شدة الضوء تعتمد على مربع المجال الكهربائي .

$$I \propto E^2$$

قبل السقوط على المحلل تكون شدة الضوء I_0 أي الشدة الأصلية $E_0^2 \propto I_0$

حيث $E = E_0$ قبل السقوط على المحلل.

بعد التفاضل من الخطل

$$I \propto E^2$$

$$E = E_0 \cos \theta \text{ ولكن}$$

و I هي الشدة بعد التفاضلية الخطل

$$I_0 \propto E_0^2 \text{ ولكن } I \propto E_0^2 \cos^2 \theta$$

$$I \propto I_0 \cos^2 \theta \text{ فتصبح}$$

وحسب هذا الأمر فإن الشدة سرف تنقص كلما زادت الزاوية، حتى نجعل محور
الخطل عموديا على محور المستقطب أي $\theta=90^\circ$

$$I = \text{Zero} \text{ تصبح}$$

أي ينفي الضوء .

3- طريقة الانعكاس والانتكاس.

عندما ينعكس ضوء غير مستقطب من سطح فإن الضوء المنعكس يمكن أن
يستقطب استقطابا كاملا أو جزئيا أولا يستقطب وهذا معتمد على زاوية
السقوط.

* إذا كانت زاوية السقوط (0) أو (90) فإنه لا يحدث استقطاب للضوء المنعكس.

* إذا كانت زاوية السقوط غير ذلك قد يستقطب استقطابا جزئيا أو كاملا.

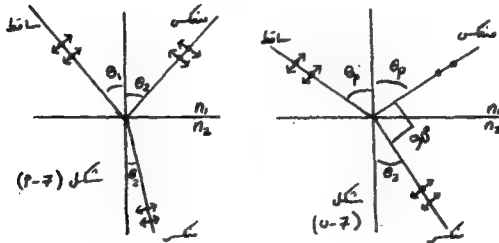
* لنفرض ضوء غير مستقطب على سطح كما في الشكل (7) ... الشعاع يمكن
أن يوصف بمركبتين للمجال الكهربائي أحدهما موازية للسطح (مثلة بالنقاط)
والأخرى عمودية على اتجاه الانتشار (مثلة بالأسهم).

* المركبة الموازية سوف تنعكس بشك أقوى من المركبة العمودية وهذا يسبب استقطاب جزئي انظر الشكل (ب-1) كذلك يحصل للضوء المنكسر (استقطاب جزئي).

* إذا زدنا زاوية السقوط بحيث حصلنا على زاوية بين الشعاع المنكسر وشعاع المنعكس مقدارها 90° ، من التجارب فإنه عند زاوية السقوط هذه يكون الشعاع المنعكس مستقطبا استقطابا كاملا مع مجاله الكهربائي الموازي (انظر الشكل 7-ب) بينما الشعاع المنكسر يكون مستقطبا استقطابا جزئيا.

تسمى زاوية السقوط هذه بزاوية الاستقطاب ($\text{polarization angle} = \theta_p$)

أو زاوية العالم بروسر (Brewster's angle)



باستخدام قانون سنل للانعكاس

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \dots (1)$$

ومن الشكل (7-ب)

$$\theta_1 = \theta_p \quad n_1 = 1$$

فيصبح قانون سنل للاكسار

$$\theta_p + 90^\circ + \theta_2 = 180 \dots\dots(2)$$

$$\theta_2 = 180 - 90 - \theta_p \text{ ومنه}$$

$$\theta_2 = 90 - \theta_p$$

$$\sin \theta_2 = \sin (90 - \theta_p) \dots\dots(4)$$

ولكن من قواعد المثلثات

$$\sin (90 - \theta_2) = \cos \theta_p \dots\dots(5)$$

من (3)

$$n_2 = \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_2}$$

ولكن من (4)

$$n_2 = \frac{\sin \theta_p}{\sin (90 - \theta_p)}$$

ومن (5)

$$n_2 = \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_p}$$

$$n_2 = \tan \theta_p$$

وبشكل عام

$$n = \tan \theta_p$$

أسئلة :-

س1 : عرف زاوية الاستقطاب؟

هي الزاوية التي يحدث عندها استقطاب كامل للشعاع المنعكس..

أو هي الزاوية التي يكون عندها الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر مقدارها 90° .

س2:- إذا حصل للضوء الساقط على الزجاج التاجي عند انعكاسة استقطابا كاملا، احسب زاوية السقوط التي يحدث عندها الاستقطاب (معامل الانكسار الزجاج التاجي هي 1.52)

$$\tan \theta_2 = n$$

$$\tan \theta_p = 1.52$$

$$\theta_p = \tan^{-1} 1.52$$

$$\theta_p = 56.7$$

س3: زاوية سقوط شعاع ضوئي على سطح عاكس تتغير باستمرار. الشعاع المنعكس وجد أنه استقطب المستقطابا كاملا عند زاوية السقوط 48° . ما هو معامل انكسار المادة العاكسة.

$$N = \tan \theta_p$$

$$n = \tan 48 = 1.11$$

س4 :- شعاع ضوء سقط على زجاج له ($n = 1.65$) وعند الاستقطاب الكامل للشعاع المنعكس كانت زاوية السقوط هي زاوية الاستقطاب (θ_p) ، احسب زاوية الانكسار

$$\theta_p = \theta_1 \text{ زاوية السقوط}$$

$$\tan \theta_p = n$$

$$\theta_p = \tan^{-1} n$$

$$\theta_p = \tan^{-1} 1.65$$

$$\theta_p = 58$$

$$\theta_p = 58$$

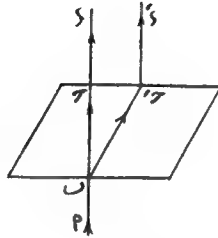
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_1 \sin \theta_p = n_2 \sin \theta_2$$

$$1 \times \sin 58 = 1.65 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{1 \times \sin 58}{1.65} = 0.514$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} 0.514 = 30.93$$



ج- طريقة الانكسار المزدوج

وجد بأنه إذا سقط شعاع عمودياً على وجه بلورة كالسايت فإنه يخرج الوجه المقابل للبلورة وقد انقسم إلى شعاعين أحدهما على استقامة الأول والآخر ليس على استقامته.

فمثلاً لو كان الشعاع الساقط هو AB فإنه ينقسم إلى شعاعين أحدهما (BCD) يسمى الشعاع المعتاد وذلك لأنه يتبع قانوني الانكسار والآخر وهو (BC1D1) ويسمى الشعاع غير المعتاد ولا يتبع قوانين الانكسار.

والشعاعان الخارجان كلاهما مستقطبان حيث يكون مستوى الاستقطاب لأحدهما عمودياً على مستوى الاستقطاب للشعاع الثاني ويمكن معرفة ذلك باستخدام بلورة الكاليت نحصل على صورتين لهذه النقطة كذلك لو وضعنا بلورة

تورمالين في طريق الأشعة الخارجة نحصل على وضع نخفي فيه إحدى صورتين بينهما تظهر الأخرى ... أما إذا أديرنا البلورة عن هذا الوضع بمقدار 90° تظهر الصورة الأولى وتختفي الثانية .

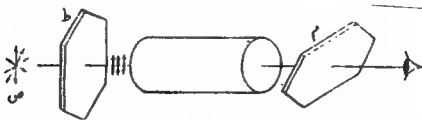
والكالسيت مظه مثل الكوارتز وسطا متجانسا لكن ليس مستوي الخواص في جميع الاتجاهات وعندها تكون سرعة الضوء متوافقة على الاتجاه الذي يسير فيه الضوء وبالتالي تختلف سرعة الضوء.

وقد ابتدع العالم نيكول منشورا سمي باسمه يحصل من خلاله على ضوء مستقطب اسقطها تاما وهو عبارة عن بلورة كالسيت قسمت لقسمين ثم أعيد لصقها بواسطة بلسم كندا وصمم هذا المنشور بحيث إذا سقط ضوء غير مستقطب في اتجاه معين فبهر الشعاع غير لعادي في نفس الاتجاه ويستقبل من الجهة الأخرى وتحصل على ضوء مستقطب وهذا المنشور يستخدم لعدد من الأغراض في عدد من الأجهزة الضوئية .

4- الفعالية الضوئية :

وجد بأن بعض المواد الشفافة للضوء لها خاصية أنها تدير مستوى الاستقطاب لشعاع ضوئي إذا مر من خلالها.

فمثلا لو أحضر مصدرا ضوئيا ووضعنا أمامه بلورة تورمالين كمستقطب كما في الشكل



ثم تركنا مسافة لوضع المادة المراد اختبارها ثم وضعنا بلورة أخرى تورمالين كمحلل وجعلنا محوري البلورين متوازيين... ثم وضعنا بلورة الكوارتز بينهم تلاحظ عند النظر لمصدر الضوء بأن وضوح الضوء قد قل وبأنه يلزم إدارة الخلل بلورة الكوارتز تعمل على إدارة مستوى الاستقطاب خلال زاوية معينة وتسمى هذه الظاهرة بالفعالية الضوئية.

وتعرف زاوية الدوران لمستوى الاستقطاب بأنها الزاوية بين وضعي الخلل في حالة وجود مادة تحت الاختبار وفي حالة عدم وجودها ، وقد وجد أن زاوية دوران مستوى الاستقطاب تعتمد طرديا على سماكة المادة ودرجة الحرارة للمادة كذلك تتناسب عكسيا مع مربع الطول الموجي للضوء المستخدم.

ويعود سبب حصول الفعالية الضوئية للمادة للتوزيع غير المتماثل للذرات داخل جزيئات المادة .

هذا وقد أثبت أيضا وجود فعالية ضوئية للسوائل والأبخرة مثل عطر الليمون والنعناع ومحلول السكر أو محلول مادة ذات فعالية ضوئية ويكون زاوية الدوران θ عندما يمر الضوء في محلول المادة لها طول (ل) ودرجة تركيز(ت)

$$\theta = \alpha \times l \times c$$

حيث α ثابت يدعى بزاوية الدوران النوعي للمحلول والتي تعرف على أنها زاوية دوران مستوى الاستقطاب لضوء مستقطب يمر في طول من المحلول قدره واحدة ديسيمتر ويحتوي 1 غم في 1 سم³ من المحلول.

• مقياس الاستقطاب



يمكن استخدام دوران مستوى الاستقطاب للضوء كوسيلة لتقدير تركيز محلول مادة فعالة ضوئياً ويسمى الجهاز المستخدم لهذا الغرض polarimeter أو مقياس الاستقطاب وهو يتكون كما في الشكل من مصدر للضوء موضوع في بؤرة عدسة مجمعة وعندما يسقط الضوء على عدسة مجمعة يخرج بشكل متواز من الجهة الأخرى ويمر بعدها على منشور يكون مستقطب ومن ثم يسقط على أنبوبة زجاجية تحتوي محلول السكر (غير معروف التركيز) وبعدها يسقط على منشور نيكول محلل.

يحصل تدوير المستوى الاستقطاب فتدير المحلل حتى توضح الصورة والمحلل مربوط بمؤشر على مقياس دائري يعطينا زاوية دوران المحلل.

وبمعرفة طول الأنبوبة والدوران النوعي يمكن معرفة تركيز المحلول من خلال العلاقة

$$\theta = \alpha \times l \times c$$

الوحدة الخامسة

الليزر

الوحدة الخامسة : الليزر

مقدمة

كلمة ليزر هي المصطلح العربي المرحم حرفيا عن المصطلح الأجنبي (LASER) وكلمة (IASER) هي عبارة عن الأحرف الأولى لكلمات الجملة التالية :-

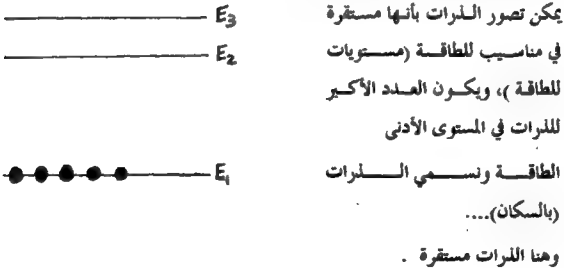
“ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ”

ومعنى هذه الجملة هو :-

" تكبير الضوء بواسطة الانبعاث المحفز (المحرض) للإشعاع "

• أولا :- مصطلحات ومفاهيم :-

1- السكان، التوزيع السكاني، الانقلاب السكاني.



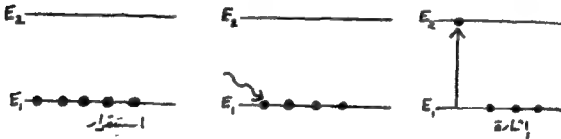
وهذا هو التوزيع الطبيعي للسكان.

لكن في حالات معينة نتكلم عنها، يكون عدد السكان في المستوى الأعلى في الطاقة أكبر من عدد السكان في المستوى الأقل في الطاقة وهنا يكون انقلاب في التوزيع وتسمى بالانقلاب السكاني.

2- الامتصاص التحريضي:-

في درجات الحرارة العادية ، معظم الذرات تكون في حالة الاستقرار ويمكن رفع هذه الذرات إلى مستويات طاقة أخرى وذلك عندما تمتص الذرة فوتونا طاقته متساوية للفرق بين طاقتي المستويين (الذي كانت فيه الذرة والذي انتقلت إليه) أنظر إلى الأشكال التوضيحية التالية

تسمى هذه الحالة بالامتصاص التحريضي.



2- الانبعاث التلقائي

في المثال السابق أصبحت الذرة في حالة الاستثارة وتمتلك مستوى طاقي E_2 ، ولنفرض أن مدة مكوث الذرات في هذا المدار هو (10^{-8} s) .. فإنه بعد مرور (10^{-8} s) سوف تعود الذرة تلقائيا وبدون أي تأثير خارجي إلى مستقرها باعثة فوتونا

بطاقة تساوي طاقة الفرق بين المستويين وتسمى هذه المرحلة بالانبعاث التلقائي.



3- الانبعاث المحفز

وجد آينشتاين بإمكانية تحفيز الذرة المستارة في المثال السابق وقبل عودتها تلقائياً إلى مستقرها وذلك بمرور فوتون بجانبها (وطاقة هذا الفوتون هي $(E_2 - E_1)$) مما يسبب في انتقالها لمستقرها.

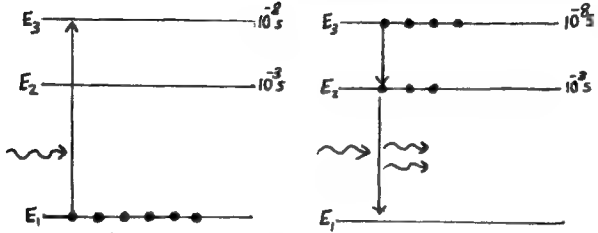
فلو كانت مدة مكوث الذرات في E_2 هي 10^{-8} وأردنا تحفيز الذرات لنعود لمستقرها... فإننا نفعل ذلك عندما يمر فوتون بحفز طاقة $(E_2 - E_1)$ مما يسبب في انتقالها لمستقرها. فوتون طاقته $(E_2 - E_1)$ إذا صير زوج من الفوتونات وهذين الفوتونين سوف يمران بجانب ذرتين مثارتين ويسببان بإصدار أربعة فوتونات بنفس الطريقة وهكذا.



تسمى هذه الظاهرة بالانبعاث المحفز وهنا يتم تكبير الضوء أي إنتاج الليزر .

ثانيا : إنتاج الليزر

1- إنتاج الليزر بثلاثة مستويات للطاقة .



* لو افترضنا وجود ثلاثة مستويات للطاقة .

E_1 هو المستوى الأدنى لطاقة وتتركز فيه معظم الذرات .

E_2 مستوى وفيه مدة مكوث الذرات ($10^{-3} s$) .

E_3 مستوى وفيه مدة مكوث الذرات ($10^{-8} s$) .

* لو حصل عملية ضخ ضوئي تم فيها دفع الذرات إلى المستوى E_3 تمكث الذرات في هذا المستوى ($10^{-8} s$) ثم تعود إلى المستوى E_2 تلقائيا وتنبعث اشعة تحت حمراء ...

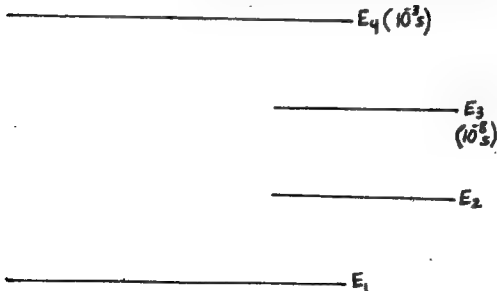
ثم تبدأ الذرات بالمرحلة الأخيرة من E_2 إلى E_1 .

ولكن مدة مكوث الذرات المستثارة عند الحالة E_2 هي 100000 مرة أطول من فترة مكوثها في المستوى E_3 .

بعد فترة سوف يكت عدد كبير من الفترات في E2، ويكون قد هبط البعض الآخر إلى E1 هبوطا تلقائيا مشعا فوتونات طاقتها (E2-E1) وهذه الفوتونات قسم منها سيكون اتجاه انبعاثها غير مواز لمحور قضيب الليزر وسوف تفلت وتظهر من جوانبه وتفقد . أما الفوتونات المنطلقة بموازاة محور القضيب فإن المرايا تصدها مرجعة إياها إلى داخل القضيب بنفس الاتجاه ذهابا وإيابا، أثناء رجوعها وانعكاسها وعند مرورها جوار ذرات مستثارة أخرى لها نفس الطاقة والردد الكامنة عند المنسوب (E2)، فإنها سوف تنشط انبعاث فوتونات (كان يمكن لها أن تنطلق تلقائيا انتظرننا عليها 10^{-8}) وسوف تكون هذه الفوتونات مشابهة ومتوافقة للأصلية ومنطلقة بنفس الاتجاه.

إن انبعاث الفوتونات بالفوتونات وبالصيغة المذكورة سابقا يعتبر بداية "انبعاث محفز للإشعاع" أو تولد ضوء ليزر وذلك بإخلاء الفترات المستثارة من المنسوب E2 .

2- إنتاج الليزر بواسطة 4 مستويات للطاقة .



يتم تهيج اللرات الآن من E_1 إلى E_4

مدة مكوث اللرات في E_4 هو 10-3s

مدة مكوث اللرات في E_3 هو 10-8s

تقوية وتكبير الضوء يحدث بين E_4 و E_3

هناك احتمال لانتقال اللرات احتمال تلقائي من $E_3 \leftarrow E_1$ يمكن أن يؤدي هذا الانتقال إلى تهيج ذرات من E_1 إلى E_3 مما يؤدي لزيادة مقدار السكان في E_3 وهذا بدوره يؤدي إلى فقدان عملية الانقلاب السكاني من E_3 إلى E_4 لذلك يتم اختيار وسط يمتلك مستوى طاقة يكون بين E_3 و E_1 (وهو E_2) بحيث يكون هناك انتقال تلقائي لللرات من $E_3 \leftarrow E_2$

ثالثا: شروط توليد الليزر

إن أي جهاز مولد لليزر يجب أن يمتلك الشروط التالية:

- 1- وجوب توفر الوسط وأنواعه ، وسائلي لأنواعها.
- 2- الضخ لاستثارة اللرات وتحول الاستيطان
- 3- التضخيم المضامم والزنين وهذه العملية تتم داخل الوسط وما يتبعه من ملحقات مثل مرآتين عاكستين إحداهما عاكسة 100٪ توجد على جهة والأخرى عاكسة جزئيا توضح على الجهة الأخرى لفضيب الليزر.

رابعا: تصنيف مولدات الليزر.

هناك صيغتان يمكن اعتمادهما لتصنيف مولدات الليزر وهما:-

- 1- صيغة الاعتماد على المستويات الطافية لوسط الليزر . وعلى هذا الأساس

تقسم مولدات الليزر إلى ..

أ- مولدات الليزر لثلاثية مستويات الطاقة .

ب- مولدات الليزر رباعية مستويات الطاقة .

2- صيغة الاعتماد على الحالة المادية للوسط، وعلى هذا الأساس تقسم مولدات الليزر إلى

أ- ليزر الحالة الصلبة

ب- ليزر الحالة الغازية .

ج- ليزر الحالة السائلة .

خامساً: - ليزر الحالة الصلبة.

تتميز مولدات مواد الحالة الصلبة بتركيب مادة لها القضيي الشكل المتألف من الزجاج، أو أي مادة بلورية أخرى ، والمطعم بحوالي 2٪ من بعض المواد المضافة والتي تطلق الليزر عند ضخها.

1- الأنواع الشائعة لمادة الوسط المولد لليزر، كل حسب اسمه المختصر وتركيبه الضفيلي.

أ- الروبي (الياقوت) - أكسيد الألنيوم المطعم بالكروم.

ب- Nd :Yag = يزيوم ألنيوم جارنيت مطعم بمادة النيوديوم .

ج- (Y A103 = Yalo) = يزيوم أكسيد الألنيوم.

د- (Nd : Ca Wo4) = تنجستات الكالسيوم المطعم بالنيوديوم.

2- طرق ضخ مولدات ليزر الحالة الصلبة

أ- الضخ بواسطة الوميض الضوئي .

مثل استعمال البوب الزيتون الوامض ولفه على قضيب الليزر كما في قضيب ليزر الياقوت ، انظر الشكل .



ب- الضخ بالطاقة الشمسية .

باستخدام مرآة نصف كروية لتركيز ضوء الشمس المباشر .

وتستخدم في مجال الاتصالات عن طريق المركبات الفضائية .

ج- الضخ الكيميائي :-

وتعتمد على (أ) التفاعل الكيميائي

أو (ب) الانفجارات الكيميائية المفترقة والتي تحدث ومض ضوئي، أثناء حدوثها

داخل البوبة ، يوجه الوميض المحرر باتجاه وسط الليزر لتشغيله كالمعاد.

3- مثال على ليزر الحالة الصلبة

ليزر الياقوت (Ruby Laser)

الوسط هنا على شكل قضيب يبلغ طوله بضعة مستمرات وقطره نصف مستمر وتركيبه من أكسيد الألمنيوم المطعم بعنصر الكروم ونسبة 0.05% والتي تكسب القضيب لونه الوردي ويدعى قضيب الياقوت. يصنع القضيب أملاسا وصقلا وتكون نهايته متوازيتين وحقيقتين... وعندنا تين النهائيين يوجد مرابا ... إحدى النهائيين تكون مرآتها عاكسة 100% بينما تكون الأخرى عاكسة بنسبة 5% و أي أنها 5% شفافة أو معيرة لضوء نبضة الليزر وانطلاقها بعد تولدها ونموها لمنسوب عال.

يحيط القضيب مصباح عنصرا الزينون... والغرض منه هو إعماله كمصدر لتجهيز طاقة خارجة على شكل ضوء مسلك على القضيب (من حوله لاستتارة ذراته بعملية الضخ) ونوعه هنا ضخ ضوئي) .

ويحيط المصباح بالقضيب بشكل حلزوني بغية الحصول على أكبر كمية من الضوء (انظر الشكل "1")

هنا الليزر هو ليزر ثلاثي المستويات الذي سبق شرحه .

4- المجالات التطبيقية لليزر مواد الحالة الصلبة .

هناك تطبيقات تحتاج إلى قدرة قليلة يمكن لهذا النوع من المولدات أن يحققها وهي:

قياس البعد أو المسافة، اللحم الدقيق ، الثقيب الدقيق....

أما التطبيقات التي تتطلب قدرة عالية فتشمل تقني المركبات والمقذوفات الفضائية وقطع المعادن.

ملاحظة: التطبيقات التي تتطلب انطلاقات ليزرية نبضية ذات قدرة آنية عالية وذات برهة زمنية قصيرة ستجد أن ليزر الياقوت يحقق ذلك.

سادسا : مولدات الليزر الغازية .

1- تعتبر مولدات الليزر الغازية الوسط من الأنواع المتميزة بسبب مقدار القدرة العالية التي يكون الحصول عليها (من بعض الأنواع) ونوع المزدوج المستمر مقارنة بالليزر من مواد الحالة الصلبة ، فمثلا باستطاعة أحد أنواعها الذي هو ليزر ثاني اكسيد الكربون أن يجهز أعلى قدرة خروج مستمرة مقارنة بأي صنف أو نوع آخر من مولدات الليزر .

مولدات هذا الصنف هي من ذرات رباعية مستويات الطاقة .

2- أنواع ليزرات الغازات :-

أ- ليزر المواد الغازية المتعادلة .

مثل ليزر الهيليوم - نيون (He : Ne)

ب- ليزر المواد الغازية الجزيئية .

يحدث فيها الليزر بسبب الاهتزاز والدوران الجزيئي للغاز .

مثال :-

ليزر غلاز ثاني اكسيد الكربون (CO₂) ، وليزر النيتروجين N₂ .

ج- ليزر المواد الغازية

أ- الاستثارة الخارجية للمناسيب ← تتم الاستثارة ما بين المستويات بتصادم الالكرونات الهاتجة مع الذرات المستقرة يتم تبادل طاقي وتصبح الذرات المستقرة مهيجة .

ب- الاستثارة المكتسبة (المتحثة) ما بين المستويات وتتم بواسطة تصادم ا

للذرات بالذرات حيث تصادم الذرات المستثارة و استثارة الواقعة في مستويات غير مستقرة مع ذرات عنصر آخر في حالة غير مستثارة.

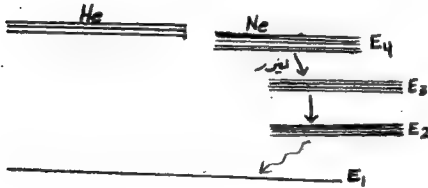
4- مثال على ليزر الحالة الغازية :-

ليزر هيليوم - نيون He - Ne Laser

يتألف من نفس المكونات الأساسية لمولدات الليزر.

مادة الوسط هو خليط من 90% غاز نيون مع 10% من غاز الهيليوم

يوضع الخليط في أنبوب مغلق وتحت ضغط منخفض .



الفرق الرئيسي في تركيب ليزر الحالة الصلبة والغازية هو في طريقة ضخ المولد . ففي ليزرات الغازات يحدث " تفريغ كهربائي توهجي " وهذا يؤدي لتسريع الألكاترونات في الأنبوب فتصطدم بذرات الهيليوم وتكسبها طاقة وتعمل على إثارتها وتهيجها إلى مستوى الإثارة الأول للهيليوم وهذا المستوى يقابل مستويات مثارة للنيون. تصادم ذرات الهيليوم مارة بذرة نيون غير مستثارة وإذا حدث ذلك ستكون الفرصة مواتية وجميلة لحدوث انتقال طاقي بين ذرات الهيليوم

والنيون، أي أن ذرة الهيليوم منهبط إلى المستوى E_1 متخلية عن طاقة استثارة تابعة لها بينما وفي نفس الوقت تمتص ذرة النيون هذه الطاقة وتستثار مرتفعة إلى الأعلى. إلى مستوى E_4 الذي مدة مكوث الذرات فيه (10^{-8} s) ومدة مكوث الذرات في E_3 هو 10^{-9} s .

علل لماذا تتم الإثارة في ليزر الهيليوم - نيون بطريقة غير مباشرة؟

الطاقة الممنوحة من قبل التفريغ الكهربائي للذرات الهيليوم - نيون هي طاقة متصلة لذلك الطاقة الممنوحة لذلك يتم خلط نسبة كبيرة من الهيليوم مع نسبة ضئيلة من النيون ، حيث يعمل التفريغ الكهربائي على رفع ذرات الهيليوم إلى المستوى المشار الأول وبفس لوقت يمكن أن تثار ذرات النيون إلى المستويات E_2 و E_3 وبالتالي يمكن أن تؤثر على عملية الانقلاب السكاني لكن نظرا لارتفاع نسبة ذرات الهيليوم على ذرات النيون، ونظرا لامتلاك ذرات الهيليوم مستوى طاقة مشار أول مساوي تقريبا لمستوى الطاقة E_4 للنيون ، فإن عملية الانقلاب السكاني سوف تتحقق ، والحكمة من خلط نسبة قليلة من Ne مع نسبة من He وذلك للمحافظة على التعداد السكاني في E_4 أكبر.

سابعاً : ليزر الحالة الصائبة :

زهيدة الثمن وتمتلك صفات وخواص مشابهة لتلك التي يمتلكها ليزر الحالة الصلبة وسطه الليزري من محاليل.

أ- العناصر النادرة .

ب- الصبغة العضوية .

يتم صخبها بطريقة الضخ الضوئي . يمكن الحصول على معدل قدرة أكبر مما يمكن

الحصول عليه من ليزر الحالة الصلبة، ولكن تمدد السائل مع الحرارة يؤثر على عمل الليزر .

يعتبر ليزر الصبغة العضوية من الأنواع التي يمكن التحكم بؤدد ضوء الليزر المتولد عنها.... لهذا السبب تستعمل هذه الليزرات في السيطرة على التفاعلات الكيميائية .

ثامنا :- خصائص أشعة الليزر

1- أشعة أحادية اللون

الأسباب

أ - الفوتونات تنبعث من انتقال
الذرات من E_2 إلى E_1 لذلك
فوتونات الليزر متساوية الطاقة
وتردداتها متساوية وبالتالي
هناك قيمة واحدة للطول الموجي
مما يعني لون واحد.

ب- الفوتون عندما ينعكس من المرآة يكون له نفس تردد الفوتون انخفض
والفوتون المنبعث من سقوط ذرة من E_2 إلى E_1 وبالتالي سوف يكون محفزا
لانبعاث فوتونات أخرى من المادة الفعالة بنفس هذا التردد أي بنفس الطول
الموجي.

2-الرباط المكاني والزمني .

التردد في الموجة الكهرومغناطيسية صفة زمنية لأن $(f = \frac{1}{T})$ فالتردد مربوط

بعلاقة مع الزمن الدوري .

طور الموجة هو صفة مكانية

الموجات المترابطة ترابطا زمنيا ومكانيا تكون متساوية في التردد والطور (وهذا ما ينطبق على الليزر).

ملاحظات:-

* الموجات المتوافقة زمنيا متساوية فقط في التردد.

والموجات المتوافقة مكانيا متساوية فقط في الطور .



← في هذا الشكل ، الموجات غير

متزامنة مكانيا وزمانيا.



← الموجات مترابطة زمانيا والتردد

واحد إما الطور مختلف.

← الموجات مترابطة زمانيا ومكانيا

.... نفس التردد ونفس الطول

الموجي ونفس التردد ← مثل الليزر .



3- فوتونات الليزر ذات اتجاه واحد .

يشع مولد الليزر ضوءا على شكل حزمة واحدة متوازية الاشعاعية كما وأنها إتجاهية في اتجاهها.

4- الليزر ذو طاقة وشدة عالية .

مقدار القدرة الخارجية من أصغر مولد ليزري غازي تبلغ حوالي 1 ملي واط بينما تصل هذه القدرة المتمحورة من ليزر الحالة الصلبة النبوض المتألفة من مضخم يعطي قدر مقدارها 10^9 واط.

5- في مصادر الضوء العادية نلاحظ أننا كلما ابتعدنا عن المصدر نلاحظ انفراج زاوي في الأشعة . الصدارة منه على شكل مخروط أما في أشعة الليزر نلاحظ أن الانفراج الزاوي صغيرا جدا مقارنة مع مصادر الضوء العادية.

6- يمكن لم وتركيز الضوء الليزري إلى بقعة (spot) صغيرة أو إلى تحضيرة (waist) بالاسعانة بالعدسة .

يمكن إعادة توسيع الحزمة مرة أخرى ومن ثم تصفيفها أو توجيهها.

تاسعا :- استخدامات الليزر.

يعتمد استخدام الليزر حسب الغرض المطلوب .

1- هناك استخدامات تعتمد على القدرة العالية مثل الاستخدامات الصناعية " اللحام، الصهر الثقيب بإنصاف أقطار دقيقة جدا وبسرعة فائقة.

2- استخدامات معتمد على الزايط الزماني والمكاني مثل استخدام الليزر في الاتصالات .

3- هناك استخدامات تعتمد على التوجيه الدقيق أهمها الاستخدامات الطبية وأكبر مجال لاستخدامها هو طب العيون ومن التطبيقات في هذا المجال هو استخدام الليزر للحم الأوعية الدموية الدقيقة في العين والتي تسبب نزيف لمرضى السكري ويسبب ضعف شديد للإبصار كذلك بواسطة توجيه شعاع من الليزر

بحيث يلتئم الجزء المنفصل من مشيمة العين ويستخدم ليزر الياقوت بنظام النبضات في معالجة انفصام الشبكية .

أفضل أشعة ليزر لمعالجة العين هي الأشعة ذات أطوال موجية تتراوح ما بين 450 nm إلى 900nm لا يستخدم ليزر الهيليوم - نيون لمعالجة العين لأنه يحتوي على أشعة تقع في المنطقة تحت تحت الحمراء فالقرنية والرطوبة المائية في العين تمتص هذه الأشعة وتسبب ضررا للعين تستخدم بعض أنواع الليزر لمعالجة الجلوكوما وكذلك لتصحيح الخطأ الانكساري للعين.

يستخدم الليزر أحيانا على بعض أنواع الليزر .

يستخدم الليزر كمشرط للجراحة فهو لايسبب النزيف ويعتم وذو توجيه عالي .

يستخدم كذلك في العملات التجميلية والرميمية .

يستخدم في تفتيت الحصى .

المراجع

أولا :- المراجع العربية

1- أساسيات البصريات / فرانسيس حينكينز/ ترجمة عبد الفتاح الشاذلي وزميله
القاهرة 1992.

2- البصريات/ عباس محمد الحسون وزميله / بغداد 1980.

3- مقدمة للبصريات الحديثة والكلاسيكية / جيرجين ر. ماير/ ترجمة د. عمر
الشيخ عمان (مجمع اللغة الأدبي) 1983.

4- البصريات الفيزيائية حسن محمد جواد وزملاؤه / بغداد 1982.

5- أسس البصريات الهندسية والموجية / ابراهيم عبد الوهاب/ القاهرة 1996.

6- الضوء واللون / فارس طاهر/ لبنان 1976.

7- الإضاءة / دكتور آسر علي زكي وزميله / الاسكندرية 1986.

8- التلفزيون الملون/ مأمون أحمد الحلاق وزميله .

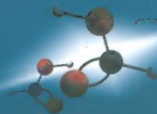
ثانيا : المراجع الانجليزية.

1- Principles of Optics / max Born/London / 4th edition /1959.

2- Optics/ W.H.A Finchman and Freeman / 8th edition / longon 1974

- 3- Optics / Giuck / New york / 1964**
- 4- The principles of physical optics / Mach, Ernst / New York 1962.**
- 5- Introduction to geometrical and Physical Optics / New york 1953.**
- 6- Light and Color / R. Daniel / New york / 1982**
- 7- Optics / Frands Graham Smith /2nd edition / 1988**
- 8- Hesurement of cdos.**

البصريات الفيزيائية



Bibliotheca Alexandrina



0672501



9 789957 244101

دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع

عمان - شارع الملك حسين - مجمع الفحيحيل التجاري

تلفاكس: 962 6 4612190 - ص.ب. 922762 عمان 11192 الأردن

www.darsafa.net E-mail: safa@darsafa.net

